



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA y DOCTORADO EN INGENIERÍA

---

**TEORÍA DEL VALOR ECONÓMICO Y SOCIAL  
DEL RECURSO AGUA**

**Y SU CÁLCULO PARA EL  
ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO**

**T E S I S**

***Que para obtener el Grado de  
Maestro en Ingeniería (Planeación) presenta  
FRANCISCO HORACIO ARCEO TENA***

***Director de Tesis: M. EN I. RUBÉN TÉLLEZ SÁNCHEZ***

***México, D.F.***

***Marzo de 2006***



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

***La firmeza de voluntad es el secreto de llevar a cabo las empresas más arduas; con esa firmeza comenzamos a dominarnos a nosotros mismos.***

***Jaime Balmes***

***Si te lo propones, seguro que lo consigues.***

***A la memoria de mi padre, quien desde su niñez, siempre se sobrepuso a una vida ardua***

***Don Leopoldo Arceo Cortés***

***El reanudar los estudios después de 34 años no fue fácil, pero no hubiera logrado terminarlos si no cuento con el apoyo de mi familia y la motivación de mis maestros, especialmente quiero manifestar...***

***Mi agradecimiento por su motivación y dedicación al:***

***Dr. Sergio Fuentes Maya***

***Dr. Javier Suárez Rocha***

***M. en I. Rubén Téllez Sánchez***

***Por su apoyo y comprensión a mi esposa y hermanos :***

***Mercedes del Carmen,***

***Leopoldo,***

***Jaime y***

***Jorge***

## **Índice**

<b>Resumen / Abstract</b>	1
<b>Introducción.-</b>	3
<b>Capítulo 1. - Política y Marco de Referencia del Agua a nivel Mundial y en México</b>	
1.1.- Acuerdos Internacionales para enfrentar la escasez y contaminación del Agua	9
1.2.- Datos Globales de los Recursos Mundiales de Agua Dulce	13
1.3.- Tendencias Mundiales de la Política Económica del Agua	15
1.4.- Mercados del Agua	18
1.5.- Diagnóstico de la Situación del Agua en México	22
1.5.1.- Aguas Superficiales	
1.5.2.- Aguas Subterráneas	
1.5.3.- Calidad del Agua	
1.6.- Usos y Aprovechamientos del Agua en México	29
1.6.1.- Uso del Agua para Servicio Público Municipal	
1.6.2.- Uso del Agua en el Sector Industrial	
1.6.3.- Uso del Agua en el Sector Agrícola	
1.6.4.- Uso del Agua para Generación de Energía Eléctrica	
1.6.5.- Uso del Agua para Acuicultura y Pesca	
1.6.6.- Uso del Agua para Turismo y Navegación	
1.6.7.- Uso del Agua para Conservación Ecológica	
1.7.- Marco Legal e Institucional Actual	35
1.8.- Escenarios del Agua en México para el Año 2025	37
1.9.- Resumen y Conclusiones	41
<b>Capítulo 2. - Teoría Económica General</b>	
2.1.- Definición de Economía y Conceptos Básicos	43
2.2.- Teoría de la Conducta del Consumidor, de la Demanda y Precios	49
2.2.1.- Importancia de los Precios	
2.2.2.- Curva de Demanda Individual y de Mercado	
2.2.3.- Excedente del Consumidor	
2.2.4.- Elasticidad de la Demanda	
2.3.- Teoría de la Conducta del Productor, de la Producción y el Costo	58
2.3.1.- Función de Producción	
2.3.2.- Funciones de Costos de Producción	
2.3.3.- Función de Oferta Individual y de Mercado	
2.3.4.- Excedente del Productor	
2.3.5.- Elasticidad de la Oferta	
2.4.- Equilibrio Oferta-Demanda del Mercado	69
2.4.1.- Equilibrio y Beneficios de Intercambio	
2.4.2.- Externalidades en el Consumo y en la Producción	
2.4.3.- Concepto de Pérdida Neta Social	
2.4.4.- Monopolio	
2.4.5.- Monopsonio	
2.4.6.- Bienes Públicos	
2.5.- Teoría Económica del Bienestar Social	92
2.5.1.- Equilibrio del Bienestar Marginal Social con el Costo Marginal	
2.5.2.- Externalidades de los Bienes Públicos	
2.6.- Resumen y Conclusiones	95

## **Capítulo 3. - Aplicación de la Teoría Económica al Recurso Agua**

3.1.- Pautas Empleadas para la Evaluación de Proyectos Hidráulicos	97
3.2.- El agua como bien económico	98
3.2.1.- Principios Rectores sobre el Agua y el Desarrollo Sustentable	
3.3.- Aplicación de la Teoría Económica al Recurso Agua	100
3.4.- Metodología para la Estimación del Costo del Agua	102
3.4.1.- Costo de Suministro: Costos de Capital y de Operación y Mantenimiento	
3.4.2.- Costo Económico Total: C. de Oportunidad y Externalidades Económicas	
3.4.3.- Costo Social Total: Externalidades Ambientales	
3.5.- Metodología para la Estimación del Valor del Agua	109
3.5.1.- Valor Económico del Agua para los Diversos Usuarios	
3.5.1.1.- Valor para Uso Agrícola	
3.5.1.2.- Valor para Uso Urbano o Doméstico.	
3.5.1.3.- Valor para Uso Industrial	
3.5.2.- Beneficio Neto de los Flujos de Retorno	
3.5.3.- Beneficio Neto de los Usos Indirectos	
3.5.4.- Beneficio por Ajuste debido a Objetivos Sociales	
3.5.5.- Valor Intrínseco	
3.6.- Equilibrio entre Valor y Costo del Recurso	120
3.7.- Precios del Agua	121
3.7.1.- Mecanismos para la Fijación de Precios (Tarifas)	
3.7.2.- Nuevos Objetivos Tarifarios Mundiales	
3.7.3.- Estructura de Precios	
3.7.4.- Los Precios del Agua en México	
3.8.- Externalidades del Recurso Agua como Fallas del Mercado Nacional	126
3.9.- Resumen y Conclusiones	129

## **Capítulo 4.- Ejercicio de Aplicación para el Valle de México**

4.1.- Características Socioeconómicas de la Zona Metropolitana del Valle de México	131
4.2.- Sistema Hidrológico del Valle de México	132
4.2.1.- Usos del Agua	
4.2.2.- Balance Hidráulico	
4.3.- Abasto de Agua Potable al Area Metropolitana del Valle de México y otros Usos	137
4.4.- Sobreexplotación del Acuífero y sus Consecuencias	139
4.5.- Aprovechamiento del Agua Superficial en el Valle de México	141
4.6.- Importación Actual de Agua desde otras Cuencas	142
4.7.- Planeación del Abastecimiento Futuro y Tratamiento de Aguas Usadas	142
4.7.1.- Proyecto de Aprovechamiento del Río Temascaltepec	
4.7.2.- Proyecto del Alto Río Amacuzac	
4.7.3.- Sistema de Aprovechamiento del Alto Río Tecolutla	
4.7.4.- Otros Proyectos Estudiados	
4.8.- Costo y Valor Económico del Agua en el Valle de México	145
4.8.1.- Cálculo del Costo de Suministro del Proyecto Temascaltepec	
4.8.2.- Cálculo del Costo de Oportunidad del Proyecto Temascaltepec	
4.8.3.- Cálculo del Costo de las Externalidades Económicas	
4.8.4.- Cálculo del Costo de las Externalidades Ambientales	
4.9.- Comparación del Costo Económico Sustentable con la Tarifa de Agua	149
4.10.- Resumen y Conclusiones	151

## **Capítulo 5.- Conclusiones y Recomendaciones**

**Glosario** 159

**Bibliografía** 167

## **Resumen.-**

Se han comprometido acuerdos internacionales para que el agua se valore como bien económico y que sus aprovechamientos sean sustentables, tomando en cuenta el derecho humano a disponer de agua limpia.

En nuestro país el agua ha sido considerada como un recurso abundante, del que se puede disponer a muy bajo costo. Como consecuencia las cuencas se han sobreexplotado y contaminado, debido principalmente al mal uso del recurso: en las zonas rurales se pierde 60 % del líquido y en los centros urbanos 40 % en promedio. Se trata pues de una crisis de gestión, más que una escasez real. Como solución se propone eficientar los aprovechamientos.

El objetivo de la tesis fué integrar una metodología para eficientar el uso del recurso mediante la aplicación de la teoría económica, estimando el costo y su valor económico. El máximo bienestar se alcanza cuando el costo marginal total es igual al valor del beneficio social.

Las tarifas en México generalmente no incluyen los costos de oportunidad ni las externalidades, que debieran considerarse en el costo total. Se presenta como ejercicio de aplicación la estimación del costo económico para el agua potable del Valle de México y su desproporción con la tarifa que se cobra.

Se hace notar que de continuarse con la aplicación de la política hidráulica vigente no se podrá disponer de los recursos financieros suficientes y se seguirán presentando las pérdidas netas de beneficio social, ocasionando un mayor deterioro de la calidad, probablemente irreversible en algunos casos, además de un alto desperdicio.

Se recomienda que se trabaje de inmediato en la difusión de una cultura del valor del agua y en la evolución progresiva de las tarifas para que se incorporen todos los costos y externalidades, y simultáneamente desarrollar los consejos de cuenca para madurar en el futuro a mercados regulados de agua.

Palabras clave.- Costo Marginal del Agua, Externalidades, Valor Social del Agua

División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM,  
Ciudad Universitaria. México, D.F. C.P. 04510  
Correo electrónico del autor: fhorarte@ gmail.com

## **Abstract.-**

International agreements have been reached to value water as an economic good and to establish its sustainable use, while taking into account the human right to clean water.

In our country, water has been regarded like an abundant resource available at a very low cost. Consequently, the basins and aquifers have been overly exploited and polluted, principally due to the misuse of this resource: 60% is lost in rural areas and in urban areas 40% is lost on average. Thus, it is a crisis of management more than a true shortage. Increased efficiency use is proposed as a solution

The objective of this thesis was to integrate a methodology for increased efficiency water use under the application of economic theory, formulating procedures to estimate the cost and economic value of water as a base for a new hydrological policy. In accordance with the theory, the efficient use of resources and the maximum social welfare are achieved when the total marginal cost is equal to the social benefit.

The water fee in Mexico generally do not include opportunity costs neither externalities, which should be considered in the total cost. As application case this theory, the study considers the estimated economic cost for potable water of the Valley of Mexico and its comparison to the applicable Mexico City tariff.

If continuing with the current hydrological policy will not make available sufficient financial resources, and net losses of social benefit and pollution will continue, causing a major deterioration in social welfare, probably irreversible in some cases.

I suggested that we work immediately towards the dissemination of a culture of water value and on an incremental progression of fees that incorporates all costs and externalities, and simultaneously develop basin management boards practices to mature in the future in regulated water markets.

Key Words.- Water Marginal Cost, Water Externalities, Social Value of Water



## **Introducción.-**

**Antecedentes.-** Sin duda, el agua es uno de los insumos más importantes vinculados directamente con la supervivencia humana, con el bienestar y con la calidad de vida de la población, y determinante para el desarrollo y funcionamiento del sistema económico productivo.

Tanto el agua subterránea como la superficial que escurre en arroyos y ríos, así como también la almacenada en presas, lagos y lagunas, ha sido históricamente considerada en nuestro país como un bien natural abundante, del que se puede disponer gratuitamente o a muy bajo costo, y que se puede fácilmente utilizar sus escurrimientos sin restricciones, como medio para alejar los desechos y para evacuar las aguas residuales. Como consecuencia de lo anterior, las cuencas hidrográficas se han sobreexplotado y se han convertido en vertederos de los campos agrícolas y en disposición de los drenajes de ciudades e industrias, ocasionando su contaminación con sales y productos fitosanitarios, con bacterias y residuos domésticos e industriales; y de esa manera, el recurso agua, alguna vez abundante, se ha convertido en escaso e inadecuado para nuevos aprovechamientos.

La realidad es que el agua no se encuentra disponible ilimitadamente, por el contrario se rige por el principio de escasez, y por tanto, se trata de un bien económico que satisface una necesidad básica social.

**Problemática.-** La Comisión Nacional del Agua (CNA) reporta que en México existen 653 mantos acuíferos, de los cuales 104 están sobreexplotados y 17 más tienen problemas de intrusión salina. La cifra resalta aun más cuando se detalla que en esos mantos sobreexplotados se concentra más de 60 por ciento del agua subterránea para todos los usos.

La sobreexplotación obedece en gran medida a los patrones de crecimiento que ha seguido el país. En las zonas norte, centro y noroeste se asienta 77 por ciento de la población, se genera 85 por ciento del producto interno bruto y sólo se tiene 32 por ciento de la disponibilidad nacional de agua.

Por añadidura, las sequías afectan principalmente a los estados del norte. En orden de severidad las entidades más afectadas por las sequías son: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa y Zacatecas. Por el contrario, las entidades federativas del sureste del país sufren cada año de graves inundaciones y afectaciones por huracanes.

Pero además de la mala distribución de la población con respecto a la disponibilidad natural del recurso, en el territorio nacional se hace un aprovechamiento muy deficiente del recurso y también un mal uso generalizado; según la CNA, en las zonas rurales se pierde 60 por ciento del líquido y en los centros urbanos 40 por ciento en promedio.

Esto se debe principalmente a un manejo incorrecto de los recursos hidráulicos, a la falta de cultura del agua y al mal estado de la infraestructura de riego y agua potable, pero también al desperdicio, al uso ineficiente y al empleo inadecuado. Los industriales son quienes hacen menos mal y deficiente uso del recurso, debido a que son los que más derechos pagan por utilizarlo.

En nuestro país, el artículo 27 constitucional establece que el agua es un bien de la nación y confiere al Ejecutivo su administración. Por su parte, la Ley de Aguas Nacionales autoriza a la CNA a otorgar las concesiones para utilizarla. Es decir, la nación otorga el derecho temporal a un particular, industria u organismo operador, para usar las aguas de propiedad nacional, a cambio del pago de ese derecho. Sin embargo, el pago establecido está fuertemente subsidiado y no refleja el costo de oportunidad del recurso, para el uso agropecuario esta 100 % exento de pago y para el uso público urbano el monto de pago de derecho es de sólo \$0.30/m<sup>3</sup>.

Bajo ese esquema legal para el aprovechamiento del recurso, en México, 76 % del fluido se destina al sector agropecuario, 14 % al abasto público y 10 % a la industria. El consumo en las zonas urbanas ha ido en aumento por el crecimiento de la población, pues hace pocos años representaba menos del 10 %. La presión por la demanda de agua potable está muy concentrada y supera en varios casos a la disponibilidad local del recurso, principalmente en el Distrito Federal y su zona conurbada, en Guadalajara, Monterrey, Puebla, ciudades del Bajío y ciudades fronterizas del norte.

Para poder iniciar un mejoramiento de la infraestructura actual tratando de reducir las fugas y la contaminación actual del recurso, se ha calculado que en los próximos 20 años se requerirán en el país inversiones anuales superiores a los 35 mil millones de pesos para proyectos de modernización y de nuevos aprovechamientos hidráulicos. Estos montos de inversión requeridos para un escenario sustentable, resaltan cuando se les compara con los presupuestos anuales asignados al sector, que no llegan ni a 15 mil millones anuales, no obstante que el agua es considerada como prioritaria y es clasificada como problema de seguridad nacional, en el actual Plan Nacional de Desarrollo.

La falta de recursos suficientes para inversión en el sector es debido a que no se han implementado una serie de reformas estructurales en el país, entre otras la reforma fiscal integral, pero principalmente a la inadecuada política económica del sector, donde prevalecen los subsidios generalizados y las cuotas por derechos y tarifas ínfimas, que no reflejan el valor económico del recurso, generando por lo mismo su desperdicio y uso deficiente. Además de no exigirse estrictamente el cumplimiento de normas de calidad en los drenajes agrícolas, urbanos e industriales, reduciendo su aprovechamiento a un solo uso. Se trata pues de una crisis de gestión, más que de escasez real del recurso.

Sin embargo, el problema de insuficiencia del líquido es en la actualidad sumamente grave a nivel mundial; la escasez de agua amenaza realmente el bienestar de la humanidad en varias partes del mundo, especialmente en las zonas áridas del Oriente Medio, Norte de Africa y en los desiertos de Asia.

En los países pobres, especialmente entre la gente de menores ingresos, la escasez de agua de buena calidad en cantidades adecuadas ya es una carencia mortal. Produce enfermedades, bloquea el desarrollo, profundiza las desigualdades en las oportunidades de ingresos y socava la supervivencia de sociedades enteras. En todas partes, el ambiente natural se pone en peligro por esta escasez. El riesgo de conflictos se puede intensificar, sobre todo cuando la escasez de agua se presenta en los límites entre etnias o clases diferentes, en las fronteras internacionales o entre comunidades urbanas y rurales.

Asimismo lo sustentable de los recursos hídricos se ve amenazada en diversas regiones de todo el mundo. Pueden citarse, a modo de ejemplo, la salinización de los acuíferos, las reducciones en el caudal de numerosos ríos o la contaminación difusa imputable a la agricultura y a las descargas sin tratamiento de las aguas residuales de ciudades e industrias. Como es el caso de nuestro País.

En este contexto, el uso de instrumentos económicos aplicados a la regularización y eficiencia del aprovechamiento del recurso (mediante tarifas, cánones, impuestos y derechos por uso) han ido adquiriendo cada vez mayor importancia y han sido legitimados mundialmente desde 1992 con las Declaraciones de Dublín y de Río sobre Agua, Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas. En México también se empieza a reconocer el papel que pueden desempeñar los instrumentos económicos para eficientar el uso del recurso y en general en materia ambiental, y se han dado cambios importantes pero insuficientes desde la década anterior.

**Objetivos.-** El objetivo de este trabajo de tesis de grado es integrar una metodología para la estimación del valor y del costo económico del agua y destacar la necesidad urgente de que se modifique la manera como la sociedad mexicana concibe al vital líquido, así como también apoyar las modificaciones que la autoridad tendrá que realizar para lograr que los precios del agua reflejen el grado de escasez y permitan la recuperación total de los costos económicos y sociales en que se incurre al aprovecharla.

Derivado de lo anterior se pretende también el objetivo de lograr que la normatividad del agua se base en criterios económicos sustentables, que permitan preservar la calidad del recurso no sólo para mejorar el bienestar de la sociedad actual sino también para beneficio de las generaciones futuras.

**Hipótesis.-** “El agua dulce es un bien económico escaso que debe manejarse como recurso finito y vulnerable de deteriorar su calidad al usarse, por lo mismo tiene un valor social en todos los usos competitivos a los que se destina”.

Razón por la que su asignación deberá establecerse conforme a la valoración que corresponde a los bienes económicos escasos, tomando en cuenta primordialmente el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso al agua limpia y pura, contrario precisamente a como se maneja actualmente: como si fuera abundante, con baja eficiencia y alto desperdicio, así como también con poco cuidado de retornarla limpia, ocasionando grave deterioro de su calidad.

El transformar recursos en disponibilidades implica un costo económico integral que el usuario debe asumir, ese costo incluye varios conceptos: además de los costos relativos al capital necesario para la infraestructura, la operación y mantenimiento, se incluyen los costos de oportunidad por su uso, y los costos de las externalidades económicas y ambientales que se generen con las afectaciones del entorno y con la degradación de la calidad del recurso, por lo que la legislación que regule este recurso deberá formularse con criterios sustentables, que permitan usar eficientemente el recurso y aseguren la calidad del mismo para los usuarios de aguas abajo y sobre todo para las siguientes generaciones.

**Metodología.-** Con base en la revisión de la teoría económica general así como en la aplicación directa de ésta al uso y aprovechamiento del agua, se formulan los criterios de análisis económico para estimar el valor del recurso, planteando como alternativa de cálculo la determinación del costo, al establecer las bases del equilibrio bienestar social-costo marginal. Posteriormente se propone la comparación del valor encontrado con los precios de las tarifas vigentes, para demostrar que la política del sector ha sido una de las principales causas del problema de agua en México.

La metodología propuesta se basa también en el análisis de la situación actual y la perspectiva futura del agua en México, considerando que este es un recurso básico para la sobrevivencia, y estratégico para impulsar el desarrollo del país y de todas sus actividades económicas.

**Contenido.-** Primero se describe el marco de referencia del recurso agua a nivel mundial, los acuerdos y las políticas convenidas internacionalmente para evitar una crisis mundial, se presenta un diagnóstico nacional de la situación actual del recurso y de las tendencias esperadas al año 2025, así como las metas planteadas para entonces, de implementarse las modificaciones para el aprovechamiento sustentable del agua.

Con mayor detalle se describe la política económica del sector vigente en nuestro país y las observaciones que se han realizado a las tendencias mundiales para el establecimiento de los mercados del agua, propuestos como solución para eficientar su aprovechamiento y corregir las distorsiones de los precios del agua.

Enseguida se hace un resumen descriptivo de la teoría económica: se analizan las consideraciones conceptuales del funcionamiento de los mercados, las bases del comportamiento del consumidor y del productor, las condiciones de eficiencia que se logran en el equilibrio oferta-demanda y las características de elasticidad que se presentan al modificarse ese equilibrio; posteriormente se presenta la teoría aplicable al recurso agua, las herramientas para estimar su costo marginal por el lado de la oferta, y su valor sustentable por el lado de la demanda.

Finalmente se hace un ejercicio de aplicación del valor económico del recurso para el caso específico del agua potable al Área Metropolitana del Valle de México y se señala la gran desproporción de este valor con la tarifa que se cobra. Se resalta la incongruencia del alto valor del preciado y costoso líquido y las cuantiosas pérdidas que se tienen, al presentarse tanto desperdicios de la población al recibir el recurso subsidiado, como apatía de los operadores por negligencia y por falta de recursos para corregir las fugas continuas por las dislocaciones de las tuberías de la red, como consecuencia de los hundimientos diferenciales por la sobreexplotación del acuífero.

Se describe la situación de colapso y grave escasez que se puede presentar en el futuro, ocasionada por una parte por la posible degradación irreversible del acuífero local debido a una intensa y prolongada sobreexplotación, lo cual ocasionaría la eliminación de la principal fuente de abastecimiento actual; y por otra parte, por los altos costos de bombeo desde las fuentes de importación alternativas, pero sobre todo por el rechazo a estos proyectos por parte de la población asentada en las cuencas de esas fuentes externas potenciales, como ya ha sucedido en el caso del proyecto Temascaltepec, donde argumentando afectaciones locales se ha impedido políticamente la iniciación de la obra.

La problemática anterior como consecuencia lógica de la cada vez mayor dificultad de satisfacción de la demanda de agua potable de una gigantesca concentración humana, asentada a una elevación superior a los 2,200 metros sobre el nivel del mar, donde para colmo se han ocupado con urbanizaciones casi todos los sitios naturales para regular y retener el agua de lluvia, impidiendo con lo mismo su posible aprovechamiento, debido a la paradójica necesidad de desalojar de inmediato el agua, antes que provoque graves inundaciones.

También se hace referencia al reducido nivel de reúso por la falta de tratamiento de las aguas residuales de la población e industria, afectando a casi todos los usos potenciales aguas abajo, como consecuencia de no haberse considerado los costos de tratamiento respectivos en la tarifa que se cobra por el abastecimiento de agua potable.

## **Capítulo 1. -**

### **Política y Marco de Referencia del Agua a nivel Mundial y en México**

#### **1.1.- Acuerdos Mundiales para enfrentar escasez y contaminación de Agua**

La crisis mundial del agua.- La Tierra con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a 6,500 millones de seres humanos, se enfrenta en este siglo veintiuno con una grave crisis del agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis se está empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una determinante acción correctiva.

Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados. La verdadera tragedia de esta crisis, sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos.

La crisis pesa asimismo sobre el entorno natural, que cruje bajo la montaña de desechos que se vierten a diario y por el despilfarro o uso indebido que de él se hace, con aparente desinterés por las consecuencias y por las generaciones venideras. En realidad, se trata fundamentalmente de un problema de actitud y de comportamiento, problemas en su mayoría identificables (aunque no todos) y localizables.

Actualmente se poseen los conocimientos y la pericia suficiente para enfrentar las crisis, y se han planteado excelentes herramientas conceptuales, como los derechos al agua de la población, la equidad y la noción de sustentabilidad . Sin embargo, la ausencia de una conciencia clara sobre la magnitud del problema por parte de la población mundial (en muchos casos no suficientemente autónoma para reaccionar), y la falta de compromiso social de líderes, dirigentes y políticos, que prefieren que siga la inercia de la tendencia antes de enfrentar el problema, dejándolo para que lo resuelvan generaciones futuras, han dado como resultado un vacío de medidas correctivas oportunas y necesarias y una incapacidad para infundir a los conceptos de trabajo una resonancia más concreta.

El estado de pobreza de un amplio porcentaje de la población mundial es a la vez un síntoma y una causa de la crisis del agua. El hecho de facilitar a los pobres un mejor acceso a un agua mejor gestionada puede contribuir a la erradicación de la pobreza, tal como lo muestra el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo [*The World Water Development Report (WWDR)*]. Al mismo tiempo, una mejor gestión nos permitirá hacer frente a la creciente escasez de agua *per cápita* en muchas partes del mundo en desarrollo.

En los últimos veinticinco años se han organizado varias grandes conferencias mundiales, algunas de ellas sobre el agua. La serie continuará en 2006 con el Cuarto Foro Mundial del Agua (en México), anteriormente se celebró el Tercer Foro en 2003 en Japón y el Año Internacional del Agua Dulce. Estas conferencias, las preparaciones que las precedieron y los debates subsiguientes han modificado nuestra percepción de la crisis del agua y ampliado nuestra comprensión de las respuestas necesarias.

La conferencia de Mar del Plata de 1977 marcó el comienzo de una serie de actividades globales en torno al agua. Entre ellas, el Decenio Internacional de Agua Potable y Saneamiento (1981-1990) aportó una ampliación substancial del suministro de servicios básicos para las poblaciones pobres. Estas experiencias nos han mostrado, por comparación, la magnitud de la tarea a realizar, con la necesidad de efectuar una enorme expansión en el suministro básico de agua y de servicios sanitarios para cubrir los requisitos actuales y los del futuro próximo.

La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de Dublín, en 1992, estableció cuatro Principios, que siguen siendo válidos (Principio N.º 1, «El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente»; Principio N.º 2, «El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles»; Principio N.º 3, «La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua»; Principio N.º 4, «El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico»).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) de 1992 permitió la adopción de la Agenda 21 que, con sus siete propuestas de acción en el ámbito del agua dulce, contribuyó a movilizar a las poblaciones en favor del cambio y favoreció la todavía lenta evolución de las prácticas de gestión del agua.

Ambas conferencias fueron pioneras en el sentido que colocaron el agua en el centro del debate sobre el desarrollo sostenible.

El 2.º Foro Mundial del Agua de la Haya en el año 2000 y la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce de Bonn en el 2001 continuaron este proceso.

En cada una de estas reuniones se establecieron metas para mejorar la gestión del agua, muy pocas de las cuales se han cumplido. Entre todos los objetivos que las distintas instancias internacionales han establecido en los últimos años, las Metas de Desarrollo del Milenio para el 2015, adoptadas por la Cumbre de las Naciones Unidas del año 2000, siguen siendo los más influyentes.

Las siguientes son las más pertinentes en relación con la problemática del agua:

1. reducir a la mitad las personas que viven con menos de \$1 dólar al día;
2. reducir a la mitad la proporción de personas que padece de hambre;
3. reducir a la mitad las personas sin acceso al agua potable;

Todas estas necesidades han de cubrirse al mismo tiempo que se protege el medio ambiente de una degradación adicional. Las Naciones Unidas reconocieron que estos objetivos, que se centran en la pobreza, la educación y la salud, no pueden lograrse sin un acceso equitativo y suficiente a los recursos, los más fundamentales de los cuales son el agua y la energía.

La Declaración Ministerial de La Haya de marzo del año 2000 aprobó siete desafíos como base de la acción futura y que fueron también adoptados por el Informe (WWDR) como criterios de seguimiento para controlar el progreso realizado:

1. Cubrir las necesidades humanas básicas –asegurar el acceso al agua y a servicios de saneamiento en calidad y cantidad suficientes;
2. Asegurar el suministro de alimentos –sobre todo para poblaciones pobres y vulnerables, mediante un uso más eficaz del agua.
3. Proteger los ecosistemas asegurando su integridad a través de una gestión sustentable de los recursos hídricos.
4. Compartir los recursos hídricos –promoviendo la cooperación pacífica entre diferentes usos del agua y entre Estados, a través de enfoques tales como la gestión sostenible de la cuenca de un río.
5. Administrar los riesgos –ofrecer seguridad ante riesgos con el agua.
6. Valorar el agua –identificar y evaluar los diferentes valores del agua (económicos, sociales, ambientales y culturales) e intentar fijar su precio para recuperar los costos de suministro del servicio teniendo en cuenta la equidad y las necesidades de las poblaciones pobres y vulnerables.
7. Administrar el agua de manera responsable, implicando a toda la sociedad en el proceso de decisión y atendiendo todos los intereses.

Se adoptaron cuatro desafíos adicionales para ampliar el alcance del análisis:

8. El agua y la industria –promover una industria más limpia y respetuosa de la calidad del agua y de las necesidades de otros usuarios.
9. El agua y la energía –evaluar el papel fundamental del agua en la producción de energía para atender las crecientes demandas energéticas.
10. Mejorar los conocimientos básicos –de forma que la información y el conocimiento sobre el agua sean más accesibles para todos.
11. El agua y las ciudades –tener en cuenta las necesidades específicas de un mundo cada vez más urbanizado.



En la Cumbre Mundial del Desarrollo Sostenible [*World Summit on Sustainable Development (WSSD)*], en 2002, el Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, identificó los cinco grandes temas, reunidos en la sigla WEHAB [*Water and Sanitation, Energy, Health, Agriculture, Biodiversity*] [Agua y Saneamiento, Energía, Salud, Agricultura y Biodiversidad] como parte integrante de un enfoque internacional coherente del desarrollo sostenible. El agua es esencial en cada una de estas áreas clave.

La Cumbre Mundial del Desarrollo Sostenible añadió también el objetivo de reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso a servicios de saneamiento para el 2015.

El Cuarto Foro Mundial del Agua, que está programado para llevarse a cabo en México en marzo de 2006, incluirá un contenido que se estructuró en 5 ejes temáticos que reúnen y circunscriben algunos de los problemas y retos más importantes del mundo del agua:

1. Agua para el Crecimiento y Desarrollo
2. Instrumentación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)
3. Agua y saneamiento para todos
4. Agua para la alimentación y el medio ambiente
5. Manejo de riesgos

Para el tema 2 sobre la instrumentación integrada de recursos hídricos, se le ha pedido a la GWP -Asociación Mundial del Agua- ser líder temático (o el organismo convocante) para este tema. Al aceptar esta responsabilidad la GWP se comprometió a aprovechar la experiencia adquirida por muchos países alrededor del mundo con los cuales está colaborando para promover la adopción de los enfoques GIRH, en particular a darle énfasis al enfoque actual sobre la preparación de GIRH y de las Estrategias sobre la Optimización del Agua, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Instrumentación de Johannesburgo.

De este modo, 2000-2006 constituye una etapa importante en el progreso del género humano hacia el reconocimiento de la importancia decisiva del agua para nuestro futuro, un tema que se encuentra entre los principales en la agenda política mundial actual.

Los indicadores del progreso alcanzado.- Un componente clave del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) es la elaboración de un conjunto de indicadores para el sector hídrico. Estos indicadores deben presentar los fenómenos complejos de este sector de manera completa y comprensible, tanto para los responsables políticos como para el público en general.

Deben establecer criterios comparativos para analizar los cambios que se producen en el sector, tanto a nivel espacial como temporal, de forma que sirvan a los responsables políticos para comprender la importancia de las cuestiones hidrológicas y les involucren en la promoción de una gestión eficaz de recursos.

El proceso de elaboración de indicadores es lento y complejo y requiere numerosas consultas. Los indicadores nuevos deben ser puestos a prueba y modificados a la luz de la experiencia.

Hasta el momento, el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) ha adoptado un enfoque metodológico para la elaboración de indicadores del agua y ha identificado un conjunto de ellos a través de recomendaciones efectuadas por los organismos de las Naciones Unidas que participan en el programa. Así, se ha logrado comprender mejor los problemas que presenta la elaboración de indicadores, o sea, la disponibilidad de datos y la escala y agregación de la información proveniente de las diferentes fuentes.

Una de las dificultades para definir los indicadores es el lento avance del sector hídrico para adaptar los datos existentes de modelización de los sistemas de observación de la Tierra, a las evaluaciones de los recursos hídricos (por ejemplo, las repercusiones del efecto invernadero sobre los recursos hídricos regionales).

Por otro lado, la degradación de las estaciones y sistemas de medición para hidrología (un problema internacional generalizado) limita la obtención de buenos datos. Sin embargo, esta degradación se compensa con la excelente posibilidad de control que ofrecen los recursos contemporáneos de sensor remoto y con la capacidad de análisis de datos por computadora.

No obstante, continúa existiendo una urgente necesidad de contar con una amplia serie de variables socioeconómicas que ayuden a cuantificar el uso del agua. La conjunción de estas dos últimas variables con las variables hidrográficas puede crear dos cifras fundamentales: la tasa de extracción/consumo de agua y el suministro de agua disponible. Estas dos variables reunidas producirán un valioso indicador del uso relativo del agua y de la capacidad de los sistemas hídricos para suministrar los servicios necesarios.

Hoy día, los especialistas en medio ambiente y los economistas, en una alianza poco común, están modificando nuestro paisaje hidrológico. En lugar de preguntarse "cómo aumentar la oferta", insisten en que la clave está en "reducir la demanda". Sus preocupaciones ponen de relieve una paradoja fundamental: estamos derrochando un recurso sin el cual no podremos vivir. Para administrarlo de manera más racional la solución parece simple: hacer pagar a los usuarios. Se piensa incluso en recurrir a otros mecanismos del mercado para repartirlo más eficazmente.

## **1.2.- Datos Globales de los Recursos Mundiales de Agua Dulce.**

El agua es el elemento más frecuente en la Tierra, aunque únicamente el 2.53% del total es agua dulce y el resto es agua salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y como nieves perpetuas.

El ciclo natural del agua.- A la cantidad natural de agua dulce existente en lagos, ríos y acuíferos se agregan los 8,000 kilómetros cúbicos (km<sup>3</sup>) almacenados en embalses. Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas), con enormes diferencias de disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional y anual en diferentes partes del mundo.

La precipitación constituye la principal fuente de agua para todos los usos humanos y ecosistemas. Esta precipitación es recogida por las plantas y el suelo, se evapora en la atmósfera mediante la evapotranspiración y escurre hasta el mar a través de los ríos o hasta los lagos y humedales.

El agua de la evapotranspiración mantiene los bosques, las tierras de cultivo no irrigadas, así como los ecosistemas. El ser humano extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía.

El control que la humanidad ejerce sobre las aguas de escorrentía tiende a ser global y el hombre desempeña un papel importante en el ciclo hidrológico. El consumo de agua per cápita aumenta (debido a la mejora de los niveles de vida), la población crece y también el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva. El ser humano tiene fácil acceso solamente al 0.26% de los recursos hídricos del planeta. A pesar de que el agua dulce disponible en fuentes naturales es un recurso finito, continúa aumentando tanto la población del planeta como el consumo de agua per cápita.

El Fondo de Población de las Naciones Unidas (Unfpa) reportó en 2001 que la población mundial se triplicó en los últimos setenta años, mientras que el consumo de agua se sextuplicó. Dentro de los próximos 25 años, un tercio de la población mundial va a experimentar una severa escasez de agua. Hoy día, más de mil millones de personas carecen de acceso al agua potable de buena calidad; tres mil millones de personas (casi la mitad de la población mundial) carece de sistemas de alcantarillado básico.

Más de 90% de todas las aguas servidas en los países en desarrollo retornan sin tratamiento alguno a la tierra y a las corrientes de agua. Para muchos millones de personas la escasez de agua dulce está definida tanto por la escasez y la mala calidad como por la cantidad insuficiente.

Se ha estimado que el consumo anual de agua por los diferentes usuarios, que en 1960 se elevaba a 1,250 km<sup>3</sup> se duplicará para el año 2010, y alcanzará 2,800 km<sup>3</sup> en 2025. Como resultado de todo ello, pende sobre la humanidad la amenaza de la crisis, y algunas regiones sufren ya penuria de agua.

Habitualmente se define un país con escasez de agua, aquel que cuenta con menos de 1,000 metros cúbicos disponibles por habitante por año, lo que no es suficiente para proporcionar adecuada alimentación o para respaldar el progreso económico, y es además una causa potencial de severos daños ambientales. Los países con 1,000 a 1,700 metros cúbicos de agua por persona por año se dice que tienen dificultades hídricas.

Unfpa calcula que durante el año 2000, 508 millones de personas vivían en 31 países con dificultades hídricas o en países con escasez de agua; para el año 2025, es factible que esas cifras aumenten a 3,000 millones de personas en 48 países. El número de personas que sufren escasez de agua se va a duplicar en 25 años, y el total de personas que van a vivir con dificultades hídricas será para entonces seis veces mayor

### **1.3.- Tendencias Mundiales de la Política Económica del Agua.**

Experiencia y tendencias recientes en países en desarrollo.- La mayoría de países en desarrollo están impulsando profundas reformas de desregulación, establecimiento de mercados del agua y una mayor participación privada en el sector hidráulico.

Ante los altos montos de inversión previstos para eficientar el sector en las próximas décadas, se ha propiciado la intervención privada. Cabe mencionar, que muchos grupos organizados mundialmente han apoyado una serie de críticas a la privatización de los servicios de agua potable y saneamiento. Lo importante es que bajo un escenario caracterizado por economías de bajo ingreso y mercados de capitales subdesarrollados o inexistentes, no es posible financiar el crecimiento del sector con ingresos distintos a las inversiones privadas, como sería posible si las tarifas cubrieran los costos totales (si se incrementara el flujo de efectivo de las empresas), se eliminaran los subsidios, se redujera el endeudamiento actual y se tuviera acceso a nuevas fuentes de crédito.

Aunque los servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado parecen funcionar más eficientemente como monopolios, su contribución al bienestar, más que voluntaria, es orientada mediante regulaciones. La regulación de estos servicios proviene del interés público y se traduce principalmente en control de tarifas, procedimientos, calidad del servicio y resultados.

Cuando el sector privado participa en la prestación de servicios públicos, se origina un conflicto entre el interés público y el privado, debido a la diferencia entre el objetivo principal de las empresas privadas (maximizar sus utilidades) y el del interés público (obtener un servicio adecuado al menor precio).

Los obstáculos en esta materia son notables, pues, por ejemplo, si bien los municipios han logrado establecer las condiciones legales para otorgar concesiones de entre 25 y 30 años, la debilidad e indefinición regulatoria, y la falta de respeto a los derechos de propiedad, inhibe el incremento de otros ingresos potenciales del sector, al impedir otorgar como garantía de crédito los activos fijos del sector.

A nivel mundial la regulación ejercida se desarrolla en un marco institucional específico, cuyas variables determinantes son el tipo y la calidad de los incentivos proporcionados.

Gracias a las adecuaciones legales, la participación de empresas privadas en el sector del agua ha sido exponencial desde la última década. En los últimos años, esta participación privada en distintos proyectos de agua y drenaje ha comprometido un acumulado que casi alcanza los 25 mil millones de dólares.

La inversión de los proyectos privados se distribuye por región de la siguiente manera: El Pacífico y Este Asiático 11,913 millones de dólares (M. dls), Europa y Asia Central 1,499 M. dls., América Latina y el Caribe 8,225 M. dls., Oriente Medio y Norte de África 3,275 M. dls. y África Sub-sahariana 37 M. dls. En conjunto las inversiones totalizan 24,950 millones de dólares.

Entre los países que más captan dicha inversión privada han sido Argentina con 6,183, Filipinas 5,820, Malasia 5,030, Turquía 1,230, México 597 y China 503 millones de dólares. Sin embargo, recientemente el gobierno argentino determinó rescindir el contrato del organismo operador de Buenos Aires por incumplimiento.

La participación privada inicial ha contribuido en la mayoría de casos a mejorar la calidad de los servicios, a expandir las coberturas, a fortalecer la gestión administrativa e incrementar la eficiencia productiva; también han implementado sólidas prácticas comerciales y han contribuido a incrementar los ingresos. Asimismo han actualizado los catastros, reducido las fugas y las pérdidas del agua y en forma general han mejorado de manera sustancial los servicios.

Cabe destacar que muchos de estos logros han sido resultado de prácticas administrativas relativamente simples que no requieren de grandes inversiones y sofisticadas tecnologías, sin mencionar que las compañías privadas han demostrado una sorprendente capacidad y rapidez para optimizar la operación de la infraestructura existente dentro de reducidos períodos de tiempo.

Hasta el momento no existe una generalización de países con intervenciones de empresas privadas en el manejo de los recursos hidráulicos, ni se ha dado el caso que se deje totalmente su manejo, pues ha sido la combinación de actuación económica entre el Estado y la iniciativa privada. Tradicionalmente el sector ha sido administrado y operado por los Estados como un monopolio natural; ahora con el proceso de mayor participación privada, se puede correr el riesgo de reproducir esquemas monopólicos, aunque ahora con manejo particular.

Por ello, las economías en general están transitando hacia la conformación de esquemas de competencia, en donde el papel que desempeñarán las empresas de co-inversión, y en particular, las empresas de menor tamaño, será fundamental, pues cada vez más están incursionando en la explotación de nichos de mercado que no habían sido cubiertos por las grandes empresas y el estado.

Algunos ejemplos innovadores de servicios de agua, cubiertos crecientemente por grupos empresariales son: los bancos de agua, el abasto directo por medio de pipas a poblaciones sin red, empresas privadas de perforación y explotación de pozos de agua, plantas de tratamiento y potabilización, así como firmas proveedoras de agua potable embotellada comercialmente (se estima que en México ya existen en operación más de 1,200 marcas comerciales diferentes).

En el fondo, los retos para avanzar en sistemas eficientes y rentables requiere de más tiempo y recursos, pues si bien se ha logrado mejorar en eficiencia con la creciente participación privada en el sector, se enfrentan fuertes obstáculos inerciales que se derivan de herencias y esquemas rígidos en aspectos regulatorios, laborales y tarifarios, lo que inhibe mayores inversiones al ritmo que lo demandan las necesidades de la población y la economía.

Por tanto, la regulación es un concepto legal con raíces políticas que se derivan de dos extremos de la organización económica: el mercado y el interés público. En el primero, se parte de la base de la libertad para perseguir el propio interés y, en el segundo, el Estado trata de fomentar comportamientos que teóricamente no tendrían lugar sin su intervención.

En este contexto, la regulación es una directiva que aplica el Estado de manera coercitiva para proteger el interés público mediante normas de derecho público. En términos regulatorios, la experiencia que tienen los gobiernos locales para llevar a cabo la descentralización en materia de agua es muy reducida.

En consecuencia, muchas de las administraciones municipales carecen todavía de la capacidad para hacerse cargo del sistema completo, desde la inversión en infraestructura, hasta la regularización del registro del padrón de usuarios y consumidores, y cobro respectivo, pero sobre todo en el diseño ideal del marco regulatorio que favorezca la eficiencia administrativa del sector.

Incluso se piensa que un factor de ineficiencia se está derivando de la falta de consistencia regulatoria, desde el momento en que cada entidad o estado desarrolla su propio marco regulatorio, que poco ayuda a incrementar la confianza empresarial y multiplica la dificultad de interpretación del inversionista extranjero para realizar inversiones en localidades específicas.

En un contexto más amplio, en la mayoría de los países en desarrollo, todavía los recursos hídricos no se administran en diversos planos de la jurisdicción (nacional, regional o local) de manera integrada, y además se ordenan separadas, según el tipo de uso: como la agricultura, la industria, la generación hidroeléctrica, el abastecimiento local de agua, y los demás usos del agua.

Por ejemplo, cuando es deseable una mayor participación privada y social en la protección al medio ambiente y del cuidado del agua, un gran número de empresas privadas tendría dificultades para atender los reclamos de mayores inversiones en estos rubros. Para muchas de las grandes empresas aún no es del todo claro que los recursos destinados al ambiente sean realmente una inversión, pues en la mayoría de los casos se les considera simplemente un costo.

El uso eficiente del agua está prácticamente ausente, pues no existe en la cultura empresarial, así como la aplicación de autorregulación voluntaria de auditorías ambientales, debido a las limitaciones principalmente financieras y culturales. En este sentido, falta mucho por lograr una política ambiental integral, desde el marco regulatorio, hasta aspectos técnicos y financieros.

Todo ello sin mencionar que el individuo común se haya alejado de esta problemática, como si fuera solo competencia y responsabilidad de académicos, funcionarios públicos, empresas privadas y organizaciones no gubernamentales.

Ciertamente esta fragmentada actuación regulatoria no saca partido de la naturaleza multisectorial de la ordenación de recursos hídricos y a menudo es causa de la utilización ineficaz de los recursos de agua escasos.

En el caso de México, la Comisión Nacional del Agua (CNA) hace notar que las tarifas están rezagadas y se tiene una escasa capacidad de inversión, además que los municipios, en situación de insolvencia financiera, no pagan los derechos de uso y descarga del agua.

En síntesis, el establecimiento de instituciones reguladoras independientes es insuficiente, a menos que los gobiernos –en sus distintos niveles- estén en condiciones de garantizar, formalizar e institucionalizar sus compromisos con los inversionistas y los distintos usuarios y consumidores.

Tanto en países desarrollados como en los países en vías de desarrollo se tiene un reconocimiento creciente de que el agua es un recurso escaso y que por lo mismo requiere tanto de un uso y aprovechamiento eficiente como de un sistema de regulación y control diferente al que se ha tenido históricamente.

No sólo existen regiones áridas y semidesérticas con graves problemas de escasez del recurso, sino que también se tienen deficiencias financieras para la construcción y mantenimiento de infraestructura que mejore el aprovechamiento del agua.

#### **1.4.- Mercados del Agua.-**

Cada vez se tiene un mayor número de países que están convencidos que el establecimiento de un mercado del agua es el mejor instrumento posible para mejorar la eficiencia en la asignación y uso del agua. El principal argumento es que los mercados proveen de los incentivos económicos para los usuarios del recurso, induciendo a su asignación y aprovechamiento de acuerdo con su valor económico real, incluyendo los recursos necesarios para la preservación de su calidad.

Otro argumento considerado es que los mercados son más eficientes y flexibles que los mecanismos administrativos de asignación de derechos de agua. Además que los usuarios pueden decidir libremente si desean comprar o vender su propiedad, como en el caso de la tierra (propiedades inmobiliarias), a diferencia de lo que sucede cuando los derechos de agua son asignados, cancelados, expropiados o transferidos por la autoridad central, sin mayor seguridad para el adjudicatario de los derechos, situación que resuelve los conflictos usuales que se presentan con este tipo de regulación central, cuando se requiere construir nueva infraestructura de aprovechamiento.

Debido a la potencial ventaja de los mercados de agua, cada vez más países están interesados en su establecimiento, algunos intentando las primeras etapas, como el caso de México, Brasil y Perú. Sin embargo se tiene poco conocimiento de los marcos institucionales requeridos para que los mercados funcionen.

Con ese objetivo, algunos países han establecido reformas significativas en los últimos años para transformar las instituciones encargadas de la oferta y disposición de agua pública. De esa manera se han presentado desplazamientos del papel tradicional de los gobiernos, de suministradores de servicios públicos de agua, hasta convertirse en algunos casos en sólo reguladores de estos servicios.

Aunque los ejemplos de California y Colorado en Estados Unidos, representan instancias de mercado de transferencia de derechos de agua, ellos ilustran los azares de precipitarse en la toma de decisiones, e indican el potencial que existe para intercambiar o pagar por sistemas agrícolas más eficientes a cambio de recibir un porcentaje del agua ahorrada. En estas instancias, ambos, el agricultor -usuario original- y el comprador –organismo operador de agua potable- obtienen beneficios mutuos conforme mejora el sistema del servicio y se fortalece el mercado. En California el concepto de mercados de agua –de bloques de agua- de negociaciones y de mejoras de eficiencia en transacciones hídricas continúan siendo debatidas.

Además de reguladores, se requiere que los gobiernos también promuevan el ordenamiento regional por cuencas o regiones hidrológicas, en donde la sociedad participe en el debate de las prioridades del agua, y permitan en su caso el establecimiento del mercado del agua dentro de la economía, y con lo mismo dar a los usuarios del agua las condiciones y seguridad para competir en el mercado.

Estas cuestiones están siendo analizadas y enfrentadas en California de igual manera a cómo deben de ser examinadas en el mundo en desarrollo. Algunas de las preguntas planteadas a la legislatura y a los reguladores de California son las mismas a las que se enfrentan políticos y reguladores en países en desarrollo.

Estas incluyen considerar: ¿cuándo el mercado debe ser libre o regulado?, ¿quién puede beneficiarse del bien agua que históricamente había sido considerado como propiedad del gobierno?, ¿dónde deberían los usos y necesidades ambientales y ecológicas del agua incluirse dentro de los sistemas hídricos?

Una inferencia relevante es la de que un mercado de derechos de agua es teóricamente el mecanismo mejor adaptado para incrementar el bienestar colectivo, mejor que un sistema de asignación administrativa o de disputa y encono libre, carente de regulación y de acuerdo voluntario.

El concepto de proceso de mercado es un método útil para ajustar las disponibilidades y las modificaciones de la oferta y la demanda que deben ser introducidas al formular los procesos de manejo de los recursos hídricos, antes de que intereses inconvenientes sean desarrollados. En esta forma cabe recordar que fue en Colorado donde los mercados de agua han sido considerados parte el proceso de manejo del agua, por más de siglo y medio.



La experiencia final en los casos anteriores es que la comercialización del agua ha traído ganancias ambientales. Típicamente los agricultores venden sólo una porción de sus existencias de agua a las empresas encargadas de las disponibilidades del recurso que están facultadas para invertir en equipos de irrigación ahorradores de agua. Ello resulta en que sean capaces de mantener o incrementar su producción de cosechas, usando menos agua con equipo más eficiente. La mayor eficiencia produce menos resistencia en el ambiente, porque las inversiones adicionales en la oferta de agua pueden ser diferidas.

Sin embargo, también hay opiniones condicionadas, específicamente en América Latina, donde se señala que la creación de mercados del agua ofrece potencialmente ventajas para la asignación eficiente del agua, pero su efectividad depende de que las características del mercado se aproximen a aquellas del paradigma competitivo.

La naturaleza del agua, en tanto recurso físico, social y económico, plantea serios problemas cuando se trata de establecer, definir e imponer derechos de propiedad. La eficiencia de los mercados competitivos se basa en muchos supuestos restrictivos. Las disfunciones del mercado (externalidades, poder del mercado, etc.) plantean la posibilidad de que una transferencia pueda ser beneficiosa para el comprador y el vendedor, pero ineficiente desde una perspectiva social global.

En la medida en que no se cumplan las condiciones del paradigma competitivo, los precios de mercado se desviarán del verdadero costo de oportunidad del agua y, por ende, no transmitirán señales de mercado precisas ni fomentarán las decisiones eficientes para usarla y transferirla.

En el caso de las disfunciones del mercado, la teoría económica prescribe que el papel que ha de desempeñar el gobierno consiste en intervenir de forma que las corrija y que restablezca o reponga las condiciones necesarias para implantar nuevamente la eficiencia económica.

Como los mercados del agua suelen desviarse considerablemente del modelo competitivo, éstos deben ser debidamente regulados y operar dentro de un marco institucional apropiado.

Aunque las transacciones de mercado garantizan la seguridad de tenencia a compradores y vendedores, los derechos de terceros son vulnerables a las externalidades de las transferencias de aguas. Si los usuarios no asumen todos los costos y beneficios vinculados con sus decisiones éstas pueden beneficiarlos pero ser realmente ineficientes desde una perspectiva social global.

Para asegurar que las transferencias de mercado produzcan realmente beneficios sociales netos, la comercialización del agua tiene que hacerse dentro de un marco institucional que obligue a compradores y vendedores a tomar en cuenta los impactos sobre otros.

Por otro lado, la regulación destinada a proteger a terceros impone costos directos e indirectos a los usuarios así como al resto de la economía, y estos costos deben sopesarse cuidadosamente frente a los objetivos que la regulación persigue cumplir y los beneficios esperados. El desafío consiste en crear instituciones que ofrezcan una protección adecuada contra las externalidades negativas sin imponer costos de transacción exagerados.

Se requiere un proceso administrativo eficiente para seguir, regular, hacer cumplir y registrar las transferencias, así como un foro que congregue a todas las partes interesadas para negociar compromisos e indemnizaciones.

También se requiere el acceso a datos hidrológicos confiables y oportunos que son esenciales para determinar quién se vería afectado por la transferencia y en qué medida. El organismo regulador debe tener la obligación explícita de considerar las externalidades contra las que se debe proteger a terceros y la sociedad.

En general, la parte que propone una transferencia debe llevar la carga de constatar que ésta no va a provocar perjuicio alguno. Este procedimiento sin embargo puede imponer altos costos de transacción. Para reducir esos altos costos hay que establecer un conjunto de normas de transferencia e incorporar en ellos medidas adecuadas para la protección de terceros.

Las transacciones deben así poder darse a instancias de las partes negociadoras supeditadas a la observancia de este conjunto de normas diseñadas para ofrecer un adecuado nivel de protección. Con este sistema los costos de transacción por las políticas de regulación son bajos; en cambio, en los estados que utilizan predominantemente medios judiciales los costos de transacción son mucho más elevados.

Dada su poca eficiencia, el sistema judicial no debe ser el principal foro para evaluar una propuesta de transferencia. Los costos que involucra, así como el tiempo y la incertidumbre, tienden a disuadir el ejercicio de acciones en defensa de derechos afectados por externalidades, especialmente cuando éstas son relativamente pequeñas a nivel individual (aunque pueden ser significativas en el agregado). Esto se agrava a nivel de individuos cuando la información es deficiente, técnicamente compleja y con relaciones de causalidad que requieren constataciones complicadas.

Un sistema de derechos de agua transferibles deja más decisiones en manos de la negociación privada. Esto representa una mayor carga para el sistema judicial que debe coordinar las diversas interacciones entre usos y usuarios del recurso y, en definitiva, resolver los conflictos cuando la negociación privada fracasa.

Los mercados del agua necesitan un sistema dinámico, y no formalista, capaz de resolver los conflictos privados mediante procedimientos sencillos, rápidos y de bajo costo con resultados predecibles y consistentes.

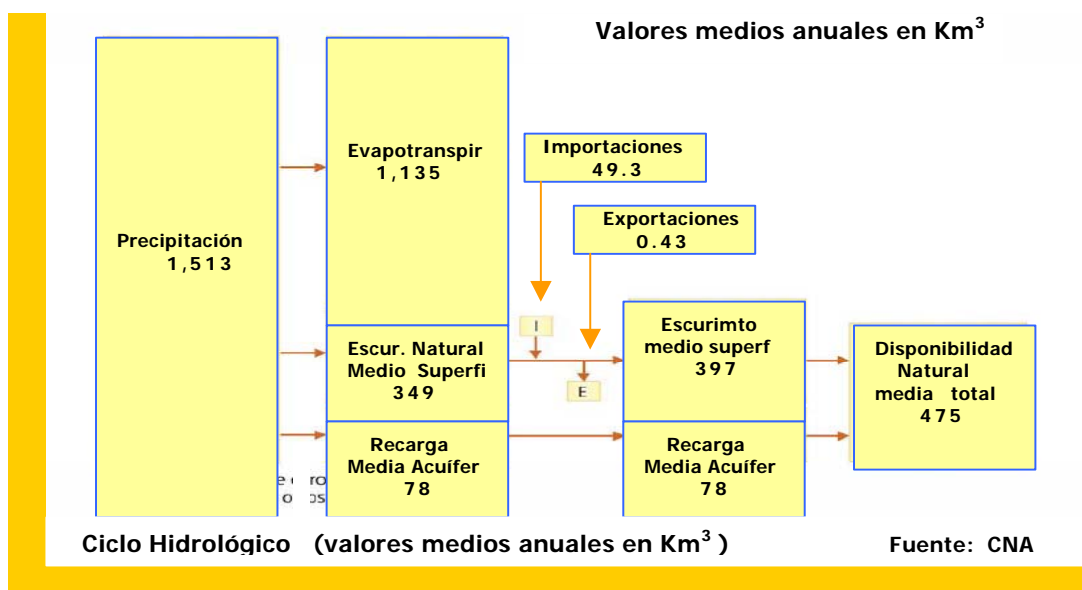
## 1.5.- Diagnóstico de la Situación del Agua en México

El territorio mexicano cuenta con una superficie cercana a los 2 millones de km<sup>2</sup>. Según los cálculos realizados en base a datos del XII Censo General de Población y Vivienda, el país tiene actualmente una población superior a los 104 millones de habitantes, el 75 % se ubica en poblaciones urbanas y el resto en comunidades rurales que cuentan con una concentración de población menor a 2,500 habitantes. Por otro lado, los análisis de Conapo indican que la tasa de crecimiento ha disminuido de 1.7% en 1995 a 1.4% en el 2000.

Aún con esta disminución en la tasa de crecimiento poblacional, se estima que en el año 2025 México tendrá 20 millones de habitantes adicionales y que la población seguirá creciendo hasta alcanzar un máximo de aproximadamente 133 millones en el año 2040, para luego mantenerse y después empezar a descender.

Más del 65% de la superficie de nuestro país es árida o semiárida, y en dicha porción del territorio se presenta apenas el 20% de los escurrimientos, mientras que ahí se asientan las tres cuartas partes de la población del país. Hay regiones en las que cíclicamente ocurren precipitaciones extremas que ocasionan daños, y otras en las que se presentan sequías extremas igualmente dañinas.

México tiene una precipitación media anual de 771.8 mm, su disponibilidad media total es de 475 km<sup>3</sup> incluyendo una recarga media de acuíferos de 78 km<sup>3</sup> y un escurrimiento medio anual es de 397 km<sup>3</sup> (el 1% del escurrimiento mundial); la disponibilidad media anual por habitante es de 4,505 m<sup>3</sup>, cerca del doble del promedio de disponibilidad per-cápita a nivel mundial; sin embargo, insuficiente para considerarse un país con disponibilidad natural de agua alta, sobre todo al considerar la mala distribución de la población, asentada principalmente donde es menos abundante el recurso.



**Ilustración 1-1.- Componentes del Ciclo Hidrológico en el País.**

Es decir, la disponibilidad se distribuye espacial y temporalmente en forma irregular, con relación a la localización de los principales asentamientos de los grandes centros urbanos e industriales; por ejemplo, en conjunto, las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey utilizan más del 50% del agua disponible en todo el país para uso urbano e industrial.

Por otra parte, las demandas se incrementan en general al ritmo de crecimiento de la población y de las actividades productivas, mientras que la oferta del recurso se mantiene relativamente estable, ejerciéndose fuertes presiones tanto a la capacidad natural como a la infraestructura existente y a la disponibilidad de los recursos financieros para mantenerla y aumentarla.

Adicionalmente, aunque hay avances, se siguen presentando patrones ineficientes generalizados en las prácticas de uso, aprovechamiento y descarga de agua, lo que ha ocasionado perjuicios que en algunos casos serán de muy difícil solución, tales como intrusión salina y hundimiento de terrenos por sobreexplotación de acuíferos; pérdida de la cantidad y calidad de cuerpos de agua superficiales y contaminación excesiva en las principales cuencas del país, lo que afecta negativamente el equilibrio ecológico de diversas regiones.

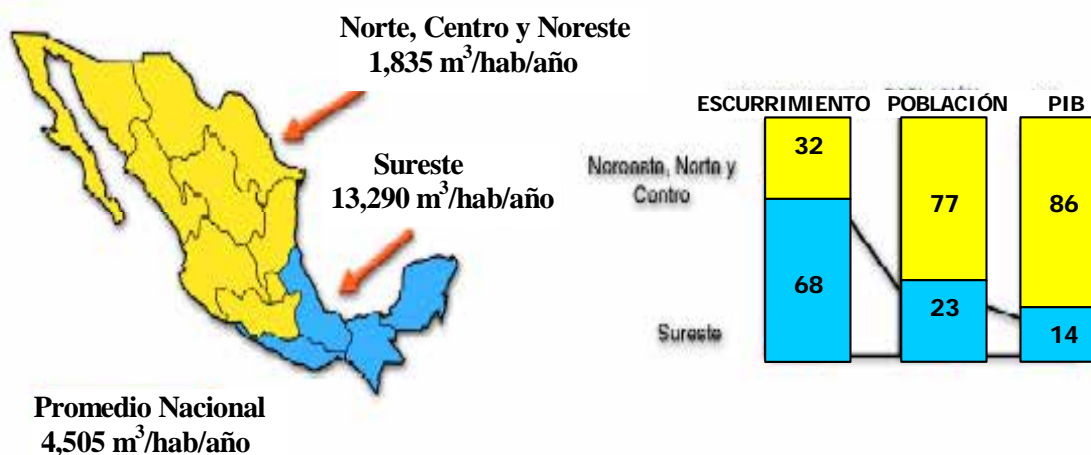
La población, la actividad económica y las mayores tasas de crecimiento se concentran en el centro, norte y noroeste del país, donde la disponibilidad de agua per cápita alcanza valores cercanos a los 1,835 m<sup>3</sup>/hab/año, valor internacionalmente considerado como peligrosamente bajo. Esta situación comienza a generar problemas de suministro, sobretodo en periodos de sequía.

En las regiones del Valle de México, Lerma, cuencas cerradas del Norte y Baja California, se extrae actualmente más agua de la que su disponibilidad permite, destacándose la región del Valle de México, que extrae 71% más agua de la que dispone. En esas regiones se genera más del 65% del producto industrial nacional y se localiza aproximadamente el 50% de la población total del país.

En cuanto al índice de marginación por entidad federativa, municipal y por localidad, de acuerdo con los datos de Conapo, se observa que los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz tienen grado de marginación muy alto; ocho entidades presentan grado de marginación alto, siete grado medio y las entidades restantes grado de marginación bajo y muy bajo. En estas cuatro entidades federativas mencionadas, las coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento son muy inferiores a la media nacional.

El sector agrícola, el cual ocupa las mayores cantidades de agua en el país, emplea a aproximadamente el 21% de la población económicamente activa y sólo genera el 4% del Producto Interno Bruto (PIB). La evolución de este sector será determinante para avanzar hacia el desarrollo sustentable en armonía con el medio ambiente y los recursos naturales.

## Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad de agua



Fuente: Comisión Nacional del Agua

### Ilustración 1.2.- Distribución de la disponibilidad del Agua en el País.

Balance regional de México.- La planeación hidráulica toma como unidades geográficas las 13 regiones hidrológicas que constituyen las regiones administrativas definidas por la Comisión Nacional del Agua (CNA). Cada región está formada por una o varias cuencas; de esa manera se garantiza que la cuenca hidrológica sea la base para la administración del agua. Las Regiones Hidrológicas son:

- |                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| I Península de Baja California  | VIII Lerma Santiago Pacífico |
| II Noroeste                     | IX Golfo Norte               |
| III Pacífico Norte              | X Golfo Centro               |
| IV Balsas                       | XI Frontera Sur              |
| V Pacífico Sur                  | XII Península de Yucatán     |
| VI Río Bravo                    | XIII Valle de México y Tula  |
| VII Cuencas Centrales del Norte |                              |

La cuenca hidrológica es la unidad geográfica en la que ocurren las fases del ciclo hidrológico y por lo tanto es la unidad básica de gestión del agua. Mediante el enfoque de manejo integrado por cuenca es posible incorporar, no solamente los aspectos directamente ligados al agua, sino a todos los recursos existentes en el área geográfica en la que escurre. El objetivo de este enfoque es lograr restaurar y mantener la integridad física, química y biológica de los ecosistemas, proteger la salud de las personas y lograr el desarrollo sustentable.

La visión integrada es necesaria para analizar las razones por las que se rompe el equilibrio y se pone en riesgo la sustentabilidad de los recursos; lo es también porque permite buscar sinergias en el manejo de los recursos naturales para evitar su deterioro.

Algunos elementos que guardan una estrecha vinculación y que por lo tanto deben ser manejados con un enfoque integrado son:

**Agua.-** La presencia de agua en la naturaleza, en cantidad y calidad suficiente, y en tiempo y espacio adecuado, es imprescindible para mantener el equilibrio de todos los ecosistemas. Esta aseveración debe tomarse en cuenta especialmente en el caso de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, debido a que de éstos se extrae el agua para consumo humano y para actividades productivas, y son los directamente afectados en los casos en los que los aprovechamientos sean excesivos, las descargas rebasen la capacidad de depuración natural del cuerpo de agua, o la modificación de su estructura natural no considere la prevención y mitigación de los impactos ambientales generados.

**Bosques.-** La cobertura vegetal es fundamental para mantener el equilibrio hidrológico. Su alteración afecta el ciclo de lluvias y modifica negativamente la función de las zonas de recarga de acuíferos, así como la capacidad para retardar los escurrimientos hacia las partes bajas de la cuenca.

**Suelos.-** El cambio de uso del suelo a actividades productivas representa una alteración para la recarga de mantos acuíferos, y la disponibilidad de aguas superficiales, tanto por la deforestación inherente y la disminución en la capacidad de infiltración en el suelo, como por la pérdida de humedales aptos para la extracción sustentable del recurso, además del incremento en la demanda de agua que este cambio implica. Adicionalmente, la alteración del equilibrio natural en las cuencas ha generado importantes procesos de degradación del suelo en todo el país, dentro de los cuales se encuentra la erosión hídrica en el 37% del territorio, lo que implica también problemas de azolvamiento de cuerpos de agua naturales y artificiales.

**Biodiversidad.-** Si se reconoce la estrecha relación de interdependencia dentro del binomio agua – bosque, podrá entenderse la importancia que tiene mantener el equilibrio de esta relación para la conservación de la biodiversidad. De las 110 regiones hidrológicas prioritarias identificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), 75 poseen alta riqueza biológica. Un número similar de estas regiones presentan desequilibrios, cuyas causas se asocian, entre otras, con la sobreexplotación y contaminación de los recursos hidráulicos.

De aquí la importancia de resaltar el valor ambiental del agua y de incluir esta visión dentro de la planeación de su manejo. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059- ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, existen 2,906 especies correspondientes a ambientes acuáticos y subacuáticos categorizadas con algún status de conservación.

La participación social en la integración del Programa Nacional Hidráulico se organizó con cuatro mecanismos: los Consejos de Cuenca, el Consejo Consultivo del Agua, los Consejos Ciudadanos y los Foros de Consulta con Expertos.

Los Consejos de Cuenca son los órganos de coordinación entre las tres instancias de gobierno y de concertación con los usuarios del agua que la Ley de Aguas Nacionales establece para facilitar la conceptualización e implantación de las políticas y programas hidráulicos.

El Consejo Consultivo del Agua es un órgano de alcance nacional, integrado por la sociedad civil, que tiene como objetivos por una parte, apoyar el cambio estratégico necesario en el Sector, asesorando a organismos públicos y en particular a la CNA; y por la otra, promover, coordinar y dirigir el esfuerzo de la misma sociedad para lograr la cultura del manejo y uso eficiente del agua en el país. El Consejo es un órgano autónomo que está integrado por personas físicas sensibles a la problemática del agua y a la necesidad de resolverla, de vocación altruista y que cuenta con un alto grado de reconocimiento y respeto. Éste cuenta con cinco grupos de trabajo: - Economía y finanzas; - Marco jurídico; - Comunicación, educación y capacitación; - Tecnología y gestión; - Ambiental.

Por lo anterior, dentro de la planeación integral del uso del territorio, la disponibilidad del agua juega un papel esencial, ya que permite visualizar hasta dónde es factible el crecimiento de centros de población y actividades productivas, evitando la sobreexplotación del recurso y los impactos inherentes de la misma hacia el ambiente, el bienestar social y el desarrollo económico.

Relacionado con lo anterior está el planteamiento de promover el uso eficiente para la liberación de volúmenes, lo que permitirá reducir la presión que ejerce el crecimiento de la demanda de agua en la elaboración de acuerdos de distribución, y por consecuencia, en la implantación de planes de ordenamiento territorial.

#### **1.5.1.- Aguas superficiales.-**

El escurrimiento natural promedio anual es de 397 km<sup>3</sup> y la infraestructura hidráulica actual proporciona una capacidad de almacenamiento del orden de 150 km<sup>3</sup>. Se debe tener en cuenta que debido a la variabilidad temporal y espacial de los escurrimientos, es imposible aprovechar totalmente el escurrimiento superficial, especialmente en los meses en que es más abundante.

A lo largo del territorio se desarrollan 11,600 kilómetros de litoral, 1.5 millones de hectáreas de lagunas costeras y 2.9 millones de hectáreas de cuerpos de agua interiores. En la Península de Baja California, norte de Sonora y la Mesa del Norte existen zonas áridas en donde prácticamente no hay escurrimientos superficiales. En contraste, en la vertiente del Golfo y en el resto de la vertiente del Pacífico existen zonas donde el escurrimiento es alto y el drenaje natural es insuficiente, por lo que con frecuencia se presentan inundaciones.

La CNA realiza estudios de disponibilidad de agua superficial en las diversas cuencas de la república mexicana. Al mes de julio de 2001 se disponía de 35 estudios de disponibilidad, de un total de 44, con los que se cubrirá íntegramente el territorio nacional.

### 1.5.2.- Aguas subterráneas.-

La recarga de los acuíferos se estima del orden de 75 km<sup>3</sup>/año, de los cuales se estiman aprovechamientos por 28 km<sup>3</sup>/año. Aproximadamente el 66% del agua subterránea extraída se destina al riego de una tercera parte de la superficie total regada; debido a su seguridad y flexibilidad de uso, el agua subterránea es de gran importancia para la producción agrícola.

El 70% del volumen de agua que se suministra a las ciudades proviene del subsuelo, con lo que se abastecen aproximadamente 75 millones de personas (55 millones de los mayores centros urbanos y casi 20 millones del medio rural).

El agua subterránea se ha convertido en un elemento indispensable en el suministro a los diferentes usuarios bien sea en las zonas áridas donde constituye la fuente de abastecimiento más importante y a menudo única, o en las diferentes ciudades del territorio las cuales han tenido que recurrir a ella para cubrir sus crecientes requerimientos de agua.

En el balance nacional de agua subterránea, la extracción equivale apenas a un 37% de la recarga o volumen renovable. Sin embargo, este balance global no revela la crítica situación que prevalece en las regiones áridas, donde el balance es negativo y se está minando el almacenamiento subterráneo; mientras en las porciones más lluviosas del país, de menor desarrollo, fluyen importantes cantidades de agua del subsuelo sin aprovechamiento. La presión sobre los acuíferos se incrementa debido a que, además de la extracción excesiva, los volúmenes de infiltración se reducen como resultado de la pérdida de zonas de recarga, a consecuencia de la deforestación y crecimiento incontrolable de la mancha urbana.

El problema de la sobreexplotación de los acuíferos del país es cada vez más grave; en 1975 eran 32 los acuíferos sobreexplotados, número que se elevó a 80 en 1985 y a 104 en el 2004, de un total de 653. La sobreexplotación de los acuíferos ha generado diversos efectos perjudiciales, entre los cuales se encuentra el grave impacto ecológico irreversible de las primeras décadas de sobreexplotación, que se tradujo en el agotamiento de manantiales, en la desaparición de lagos y humedales, en la reducción de los caudales base de los ríos, en la eliminación de la vegetación nativa y en la pérdida de ecosistemas.

Asimismo, el deterioro de la calidad del agua de numerosos acuíferos, principalmente por intrusión salina y migración de agua fósil de mala calidad, ha sido provocado por la sobreexplotación, así como por la contaminación generada en las ciudades y zonas agrícolas.

Los mayores problemas de intrusión salina se presentan en 17 acuíferos costeros en los estados de Baja California Sur, Baja California, Sonora, Veracruz y Colima, afectando en mayor medida a los acuíferos denominados: La Paz y el Valle de Santo Domingo, en Baja California Sur; San Quintín, en Baja California; y Guaymas y Costa de Hermosillo, en Sonora.



En amplias zonas de riego los niveles del agua subterránea se han abatido decenas de metros, incrementando el costo de extracción puesto que se requieren motores más potentes y más consumidores de energía, lo que encarece la producción de muchos cultivos tradicionales.

Por otro lado, el incremento en la demanda de agua de las ciudades es cada vez más difícil de satisfacer y está generando serios problemas de sobreexplotación. Estos se agravan en ocasiones por la ocurrencia de hundimientos diferenciales y agrietamientos del terreno, que a su vez provocan daños en la infraestructura. El desarrollo a futuro de las regiones afectadas por la sobreexplotación de acuíferos es limitado y se agravará aún más de persistir la tendencia climática de los últimos años, caracterizada por condiciones extremas que incluyen sequías más severas, prolongadas y frecuentes, las cuales tendrán un impacto negativo sobre la disponibilidad de agua superficial y la recarga de los acuíferos.

En un número cada vez mayor de regiones la reserva almacenada en el subsuelo será la principal y en ocasiones única fuente de agua para los diversos usos, por lo que los acuíferos son un recurso patrimonial estratégico, que debe ser manejado y administrado en forma eficiente para asegurar el desarrollo del país.

Para dar seguimiento a la evolución de los niveles y la calidad del agua subterránea, la CNA lleva a cabo el monitoreo en redes conformadas por pozos seleccionados. Mediante el Programa de Modernización del Manejo del Agua (Promma), se han reactivado redes de monitoreo en 240 acuíferos distribuidos en el país, con especial atención a los de mayor importancia relativa.

### **1.5.3.- Calidad del agua.-**

La mayoría de los cuerpos de agua superficial del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola o pecuario, lo que ha ocasionado grados variables de contaminación que limitan el uso directo del agua.

Para determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua se emplea el Índice de Calidad del Agua (ICA), el cual es el valor en una escala de 0% a 100% (un mayor valor de ICA indica una mejor calidad del agua) y que se obtiene a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 18 parámetros dentro de los que se encuentran el pH, la DBO<sub>5</sub>, y los sólidos suspendidos.

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la calidad para el periodo 1974-2000, las cuencas con mayor grado de contaminación de agua superficial, son las de Lerma, Alto Balsas, Bajo Bravo y Alto Pánuco. En contraste, las de menor grado de contaminación, con un ICA superior al 70, son las del Grijalva, el Usumacinta y porciones de las del Pánuco y el alto y medio Bravo.

La información disponible del ICA del año 2000 indica que a nivel nacional, a partir de la información estudiada en 535 cuerpos receptores monitoreados, las aguas superficiales presentan calidad satisfactoria en el 27% de los casos, que posibilita su uso para prácticamente cualquier actividad; el 49% se encuentran poco contaminados, lo que restringe el uso directo del agua en ciertas actividades y el 24% se encuentra contaminado o altamente contaminado, haciendo difícil su uso directo en casi cualquier actividad.

En lo particular, el 5% de los cuerpos de agua presentan excelente calidad, lo que los hace aptos para cualquier uso; sin embargo, para el abastecimiento y consumo siempre será requerido el tratamiento de potabilización o al menos la desinfección, para asegurar la calidad bacteriológica y el cumplimiento de la normatividad en materia de agua potable.

El 22% de los cuerpos de agua muestran una calidad aceptable; en el caso de fuente de abastecimiento, se requeriría una planta con tratamiento convencional, y en el resto de los usos del agua, la calidad es apta y satisfactoria.

El 49% de los cuerpos de agua monitoreados resultó poco contaminado, si bien, en caso de utilizarse como fuente de abastecimiento, requeriría un tratamiento avanzado; en caso de uso recreativo, es apta cuando no se tiene contacto directo, pero no es recomendable para contacto directo; para la acuicultura es apta en general, pero ciertos organismos acuáticos sensibles, como algunas especies de trucha, bagre y charal, no tendrían un adecuado desarrollo; por último, se considera apta para la mayoría de los usos industriales así como para riego de casi cualquier cultivo (excepto hortalizas).

El 24% de los cuerpos de agua están contaminados o altamente contaminados, lo que impide su utilización directa en prácticamente cualquier actividad; en contados casos se presenta alguna sustancia tóxica.

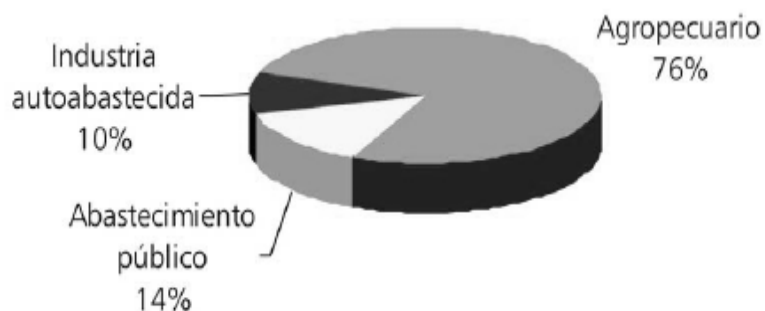
Cabe señalar que los principales contaminantes presentes en las aguas de los cuerpos receptores son: coliformes fecales, grasas y aceites, ortofosfatos, sólidos disueltos y detergentes.

## **1.6.- Usos y Aprovechamientos del Agua en México**

Se estima que en el año 2000 se extrajeron de los ríos, lagos y acuíferos del país 72 km<sup>3</sup> para los principales usos consuntivos. Este volumen representa el 15% de la disponibilidad natural media nacional (escurrimiento superficial virgen y recarga de acuíferos), y de acuerdo con la clasificación de la ONU, el recurso del país se considera como sujeto a presión moderada. Sin embargo, en las zonas del centro, norte y noroeste, este indicador alcanza un valor del 44%, lo que convierte al agua en un elemento sujeto a alta presión y limitante del desarrollo.

El uso consuntivo predominante en el país es el agrícola, ya que representa el 76 % de la extracción, seguido por el uso público urbano con el 14 %.

**Volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua  
(Acumulado a diciembre de 2004)**



Fuente: Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua. SGAA. CNA.

**Ilustración 1.3.- Distribución de los principales Usos del Agua en el País.**

**1.6.1.- Uso del Agua Municipal.-** El uso público, representa en volumen el 14% de la extracción total del agua en México. Sin embargo, dado el crecimiento demográfico de los centros urbanos, el suministro de agua potable para las grandes ciudades ha llegado a agotar las fuentes locales de abastecimiento, presentándose la necesidad de importar volúmenes de agua de cuencas lejanas, con enormes erogaciones de gasto público.

Más de la mitad del agua potable producida, se consume en menos de cien ciudades grandes y medias. Existe una gran disparidad en la distribución de las obras y servicios en las poblaciones urbanas y en las comunidades rurales. En las ciudades de más de 50,000 habitantes, las coberturas del servicio de agua potable son superiores al 90% y las de alcantarillado al 80%, en promedio; por el contrario, en las comunidades rurales, sólo 60% y 25% de los habitantes tienen acceso a servicios de agua potable y alcantarillado, respectivamente.

Otros problemas a los que se enfrenta este subsector consumidor, son los de medición, facturación y cobranza. Asimismo, aunque hay avances en materia legal, ya que en muchos estados de la República las organizaciones que administran estos sistemas tienen autonomía en la determinación de sus tarifas, se presentan también problemas de tipo fundamentalmente político que deben resolverse para lograr más avances y poder consolidar los ya existentes.

**1.6.2.- Uso del Agua en el Sector Industrial.-** La extracción de agua para uso industrial, a pesar de su volumen relativamente pequeño, se ha convertido en un factor importante debido a la gran competencia con otros usuarios por el abastecimiento de agua. También reviste importancia por la cantidad y diversidad de contaminantes que descargan algunas industrias.

El uso del agua en la industria en México es del orden de 7.3 km<sup>3</sup>, representa el 10 % de la extracción del agua en el país. El 90% aproximadamente es abastecido por fuentes propias y el resto se abastece de tomas especiales para uso industrial, que proveen las redes municipales.

Las industrias del país descargan aproximadamente 5.36 km<sup>3</sup>/año de aguas residuales, que se traducen en más de 6 millones de toneladas al año de carga orgánica, expresada como demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Los aportes de carga contaminante están concentrados en un número limitado de actividades, entre las que destacan la industria azucarera, la fabricación de alcohol y bebidas alcohólicas, la industria del papel y celulosa, la industria química, la industria petrolera, la industria alimenticia y la actividad agropecuaria, principalmente porcícola y beneficio del café, además de los giros de minería, metalmeccánica y textil.

Del total del consumo industrial, el 50% se utiliza para enfriamiento, el 35% en procesos; el 5% en calderas y en servicios el 10%. Casi el 80% del consumo de agua de este sector lo realizan solo seis ramas industriales, a saber: azucarera, química, petróleo, celulosa y papel, textil y bebidas (Tabla 1.1).

Se estima que el agua de primer uso que realiza el sector industrial podría reducirse de un 40% a 80% si se extendieran las prácticas de reúso (por ejemplo en enfriamientos), y se instalaran equipos de recirculación e implementos ahorradores, (esto sólo será posible cuando las tarifas de agua reflejen su valor real y sea conveniente para las industrias invertir en dichos equipos y recircular y reusar el agua).

Dado que los mayores consumos de agua del sector industrial en México provienen de volúmenes extraídos por las propias empresas, ya sea de fuentes superficiales o subterráneas nacionales, su aprovechamiento está sujeto al régimen de concesiones que otorga la Comisión Nacional del Agua (CNA) y están sujetos al pago de derechos fiscales federales, por uso o aprovechamiento de aguas y descarga en cuerpos receptores de propiedad nacional.

En materia de tratamiento de aguas residuales, a diciembre de 2000, se tenían en inventario 1,479 plantas de tratamiento industriales, con una capacidad de diseño de 41.5 m<sup>3</sup>/s, de las cuales operaban 1,399 con un gasto de 25.3 m<sup>3</sup>/s (aproximadamente 15% de las descargas).

El tratamiento de aguas residuales industriales, condicionado por las inversiones iniciales requeridas, se ha visto postergado por la falta de liquidez de algunas empresas, y al igual que en el caso del uso público urbano, las condiciones financieras hacen ver como un gasto oneroso el tratamiento de descargas que no serán reutilizadas.

Volumen de descarga de agua por diferentes tipos de industriales		
Industria	Caudal aguas residuales (m <sup>3</sup> /s)	Materia orgánica generada (miles de Ton/año) *
Acuacultura	67.6	7
Azucarera	45.9	1,750
Petrolera	11.4	1,186
Servicios	10.3	183
Química	6.9	406
Celulosa y Papel	5.5	108
Agropecuaria	3.2	1,063
Alimenticia	3.0	193
Cerveza y malta	1.6	272
Minera	0.8	56
Textil	0.7	14
Destilería y Vitivinicultura	0.4	230
Beneficio de Café	0.3	32
Curtiduría	0.1	9
Otros Giros	12.9	795

- Medida en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- Fuente: Comisión Nacional del Agua

Tabla No 1.1.- Caudal descargado en 2002 por tipo de industria.

**1.6.3.- Uso del Agua en el Sector Agrícola.-** La superficie dedicada a las labores agrícolas en México varía entre los 20 y 25 millones de hectáreas con una superficie cosechada de 18 a 22 millones de hectáreas por año. El valor de la producción es de 155 mil millones de pesos, equivalentes al 2.5 % del PIB nacional; la población ocupada es de 8.6 millones de personas, en su gran mayoría rural con altos grados de marginación.

La productividad en las áreas de riego es 3.6 veces mayor que en las de temporal, por lo que esta actividad representan más de la mitad de la producción agrícola nacional. Del total de la superficie cultivada en México, el 70% es de temporal y el 30% de riego. Podría asegurarse que esta composición es positiva para el país, si se compara con 84% y 16% de temporal y riego respectivamente, del promedio mundial. En términos absolutos México ocupa el séptimo lugar mundial en superficie irrigada.

Sin embargo, el 57% de la infraestructura está en mal estado, tanto por falta de mantenimiento, como por proyectos que no fueron diseñados adecuadamente o están inconclusos. No obstante, la producción agrícola que se genera en parcelas dotadas con infraestructura de riego, es aproximadamente 55% de la producción total nacional y el resto se produce en superficies de temporal.

De cualquier manera las expectativas de crecimiento de la infraestructura física de riego agrícola están muy limitadas, ya que las mejores tierras para el cultivo están aprovechadas. Los costos para construir nuevas obras de infraestructura hidroagrícola han llegado a un nivel difícil de justificar económicamente: incorporar más áreas al riego, aún cuando socialmente este crecimiento es justificable.

Los cinco cultivos predominantes en las áreas de riego en México son: maíz, trigo, frijol, caña y sorgo, ya que ocupan casi el 50% de la superficie sembrada bajo riego, no son precisamente los de más alto valor en el mercado local. Por ejemplo, el maíz que se siembra aproximadamente en el 20% de la superficie total con infraestructura, sufre adicionalmente de una política de precios muy castigada, ya que constituye un grano básico en la dieta alimenticia mexicana.

En la agricultura se utiliza el 76% del consumo total del agua en el país y se pierde entre 30% y 50% por bajas eficiencias de conducción hacia las parcelas, a tal grado que las pérdidas son mucho mayores que la suma de agua potable e industrial consumido anualmente en todo el país. Igualmente las pérdidas anuales sólo por sobreconsumo en los cultivos son del orden del 10% del agua distribuida, lo que representa 1.2 veces mayor que el consumo para uso industrial.

En México, la superficie con infraestructura de riego es de 6.3 millones de hectáreas actualmente, lo que coloca al país en el séptimo lugar mundial. El 54% de esa superficie corresponde a 86 Distritos de Riego y el 46% restante a obras de pequeño riego operadas conservadas y mantenidas por los propios productores, a las cuales se les denomina Unidades de Riego (Urderales).

Los métodos aplicados son tradicionales en más del 80% de la superficie y la eficiencia promedio en el uso del agua se estima en 46%; con el empleo de tecnologías e infraestructura avanzadas podría alcanzar el 60%.

Dada la magnitud de los volúmenes extraídos para riego, aumentos modestos en la eficiencia de los sistemas de conducción, distribución y aplicación de agua permitirían liberar volúmenes apreciables para otros usos en diversas regiones.

Dentro de la problemática que impide que las actividades de riego agrícola se planeen e integren en el marco de la sustentabilidad se encuentra lo siguiente:

- Extensión de la frontera agrícola sin considerar la disponibilidad de agua y la vocación del suelo.
- Escasa capitalización de la mayoría de los usuarios.
- Dificultad para controlar el volumen de agua entregado.

Por otra parte, los usuarios de distritos de riego en México cubren, en promedio sólo el 66% de los costos de operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura y nada de los costos de inversión; además están exentos de pago de derechos por el uso del agua y por descargas de aguas residuales.

Los problemas para ajustar las políticas de precio del agua para riego, si bien obedecen a fuertes presiones políticas, también son producto de problemas estructurales de mercados castigados e imperfectos, patrones regresivos de distribución del ingreso y crisis recurrentes.

Por otro lado, en áreas donde son abundantes las lluvias, se constituyeron distritos de temporal tecnificado, los cuales se han transferido plenamente a los usuarios.

**1.6.4.- Uso del Agua en la Generación de Energía Eléctrica.-** En las plantas hidroeléctricas, se utilizan del orden de 143 km<sup>3</sup> de agua al año, aunque este uso se considera no-consuntivo. En cambio las centrales termoeléctricas emplean del orden de 3.0 km<sup>3</sup> de agua dulce al año para enfriamiento. Hasta los años setentas la generación hidroeléctrica representaba el mayor porcentaje entre las fuentes de energía eléctrica y desde entonces ha venido reduciendo su participación relativa por las centrales termoeléctricas, que hoy producen del orden del 85% de la energía eléctrica total, que en la actualidad, es del orden de 180,000 Gw/h/año.

En el caso del agua utilizada en la hidroelectricidad, los problemas de abastecimiento más frecuentes se presentan sólo cuando otros usos como el agua potable compiten y afectan usos de generación, como el caso del sistema Cutzamala; o también cuando los usos de riego, requieren agua en los momentos en que las demandas de energía corresponden a las horas-pico, o cuando por efectos de escasez, temporal o sequía disminuyen los niveles de las presas.

**1.6.5.- Acuicultura y Pesca.-** La participación del sector en el PIB nacional es de cerca de 1%, considerando únicamente la producción primaria del mismo, y emplea directamente a más de 259 mil personas.

La pesca constituye una parte importante del quehacer económico y del desarrollo regional del país. Aporta alimentos a la población (directamente, mediante el autoconsumo de la pesca artesanal, e indirectamente, por medio del comercio), insumos a la industria (productos enlatados, harinas de pescado, etc.), divisas provenientes de la exportación de los productos pesqueros y creación de empleos directos e indirectos en diversas cadenas productivas.

La importancia socioeconómica de la pesca es mayor en el ámbito regional, debido a que en los estados con litorales, en las comunidades costeras y en las que se encuentran junto a cuerpos de agua continentales esta actividad se ha convertido en un elemento fundamental del ingreso de importantes segmentos de la población y en el propulsor del desarrollo económico.

El crecimiento que ha experimentado la acuicultura en el país, en términos del valor relativo de sus productos, ha planteado la necesidad de instrumentar medidas que permitan ordenarla para evitar los conflictos derivados de la competencia por el uso del suelo y el agua entre las actividades económicas.

Para esto, se realizan estudios de ordenamiento ecológico que permitirán conocer la compatibilidad entre las distintas actividades económicas y las condiciones ambientales locales.

El potencial acuícola se ha reducido en diferentes cuerpos de agua dulce y salada como consecuencia de la contaminación que producen las áreas urbanas, las actividades industriales y la agricultura. Ejemplos de estos problemas son: en agua dulce los lagos de Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo; en agua salobre/salada las lagunas de Tamiahua, Alvarado, Términos, Chantuto, Panzacola y del Mar Muerto; y los estuarios de los ríos Pánuco, Coatzacoalcos, Fuerte y Mayo.

**1.6.6.- Turismo y Navegación.-** Las actividades de contacto directo con el agua, como son los usos deportivos y recreativos, es decir la natación, el buceo, el descanso y la contemplación del paisaje representan usos potenciales importantes para México.

El país cuenta con gran potencial de recursos para fines recreativos y turísticos, fundamentalmente con sus 137 lagunas costeras, sus cuerpos de agua dulce (lagos, lagunas y embalses) y los numerosos ríos, arroyos y cascadas de singular belleza.

Existen más de 850 sitios asociados a cuerpos de agua con alto potencial para turismo y recreación, en los cuales es conveniente prevenir el desarrollo de procesos de contaminación que puedan surgir por falta de vigilancia y control.

México posee 26 puertos de navegación en cuerpos de agua interiores, registrados en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Los principales ríos navegables son: Bravo, Lerma-Santiago, Pánuco, Tuxpan, Balsas, Cazones, Nautla, Actopan, La Antigua, Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva, Usumacinta y Hondo.

Aunque se conocen los tramos de ríos navegables, no existen suficientes estudios hidráulicos con relación a los gastos mínimos necesarios para mantener la posibilidad de que sigan siendo navegables para los distintos tipos de embarcaciones que los aprovechan.

**1.6.7.- Conservación Ecológica.-** El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales define el uso para conservación ecológica como el caudal mínimo en una corriente o el volumen mínimo en cuerpos receptores o embalses, que deben conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema. Se procura evitar los cauces secos por extracciones aguas arriba.

## **1.7.- Marco Legal e Institucional Actual**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 27 establece que la propiedad de las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originalmente a la Nación y sólo por excepción, cuando se demuestre que las aguas no tienen tal carácter, se considerarán de propiedad privada. Por tanto, las aguas nacionales son bienes del dominio público, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.

La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, sólo podrá realizarse por los particulares mediante concesiones que otorgue el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones estipuladas en las leyes.

El marco jurídico que regula la materia de aguas en el país queda representado fundamentalmente por:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Arts. 27, 28 y 115.
- La Ley de Aguas Nacionales (LAN), la cual es una ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de aguas nacionales.



- El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
- La Ley Federal de Derechos.
- La Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica.
- Las Leyes estatales en materia de agua promulgadas en las entidades federativas.
- La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

La Ley de Aguas Nacionales, da sustento a la evolución del marco institucional y la instrumentación de los elementos de la política hidráulica, en un horizonte de mediano y largo plazos.

La CNA, es un órgano desconcentrado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), y es la autoridad federal responsable de definir la política hidráulica del país y administrar las aguas nacionales.

En cuanto al reglamento de derechos de propiedad, México aplica la doctrina de apropiación proporcional, en la cual cada usuario queda facultado de recibir anualmente una proporción del agua disponible dentro de la cuenca o del sistema respectivo. Estos derechos del usuario son generalmente considerados en base a los antecedentes y su conocimiento pleno, con el derecho de regresar los flujos reservados para sostener esos privilegios. Esto ha minimizado la prescripción de derechos de flujos rechazados y el beneficio del impacto a terceros como resultado de alteraciones de los flujos no deseados.

Históricamente el control de los derechos de agua y las concesiones correspondientes se han centralizado al nivel federal. Aunque la nueva ley auspicia la descentralización, todavía la tradición cultural preserva el control centralizado, que aún no ha sido eliminado, si bien dicho control ha sido transferido al nivel regional por la CNA. La responsabilidad de su operación y mantenimiento ha sido, sin embargo, generalmente transferida. Con el cambio continuo en el clima político y el poder creciente de las asociaciones de usuarios, el status quo está cambiando gradualmente.

A la fecha las transacciones del mercado de derechos de agua permanentes, y sobre la base de su renta anual, han ocurrido predominantemente entre asociaciones de usuarios y los sistemas de irrigación. El control de este tipo de transacciones diseñado en las asociaciones de usuarios está orientado para aceptar las funciones correspondientes.

El desarrollo de las transferencias de derechos permanentes sobre el uso del agua se ha inhibido, en cierto grado, porque el registro nacional es incompleto, difieren las prácticas contables utilizadas municipalmente, así como porque los titulares de los derechos pueden no inspirar confianza en el mercado.

Adicionalmente, muchos de los derechos de uso de agua son emitidos al distrito de riego o a una porción de dichos distritos, más bien que a agricultores individuales.

Cualquier transferencia de derechos de uso fuera del distrito de riego puede requerir la aceptación de todos los usuarios y también del encargado del distrito, además también puede necesitarse de la aprobación de la oficina regional de la CNA para autorizar transferencias entre sectores y cuencas. Estas cuestiones siguen siendo examinadas y debatidas.

El potencial proceso de mercado de agua en México es evidente en la transferencia de derechos de agricultores usuarios de agua del acuífero de Chichimequillas, a la compañía de suministro de agua potable de Querétaro. En este ejemplo, la ciudad paga 70 % de los mejoras del sistema de irrigación (las organizaciones de usuarios pagan el resto), a cambio de una porción del agua ahorrada mediante dichos mejoramientos. Estas transferencias de agua entre sectores se parece a los arreglos que han sido usados en el Sur de California por el *Metropolitan Water District (MWD)* y el *Imperial Irrigation District (IID)*.

Se puede anticipar que, conforme los derechos de agua se aceptan como activos económicos, el concepto de transferencias de derechos realizados en el mercado también gana aceptación. Asimismo, conforme aumentan las presiones de la demanda, se presenta una fuerte posibilidad de operación de mecanismos de mercado, en vez de decisiones políticas o administrativas utilizadas para realizar dichas transferencias.

También es de anticiparse el fortalecimiento de las asociaciones de usuarios que gradualmente anulan los controles administrativos centralizados a nivel nacional o regional, y que fomentan el avance posterior del uso de mecanismos de mercado.

Sin embargo, continúan el mismo tipo de controversias y oposiciones por los impactos indirectos que se desarrollan en estos sistemas. Disputas entre cuencas y mecanismos de resolución tendrán que ser reguladas, y que se definan medidas administrativas que puedan aplicarse para corregir los precios en el mercado.

### **1.8.- Escenarios del Agua en México para el 2025**

En el ámbito mundial, cada vez se otorga mayor atención al agua, sobre todo ante la problemática que se presenta en diversos países del orbe, en donde la escasez del recurso constituye un riesgo para su desarrollo económico y social.

Ante esta situación se han realizado numerosas reuniones nacionales e internacionales cuyo fin es conocer a fondo la problemática del agua, saber qué está sucediendo con el recurso, qué va a suceder en caso de continuar con las mismas políticas actuales, cuál es el futuro que se avizora y en qué forma se alcanzará.

Destaca la Visión Mundial sobre el Agua determinada en el 2º Foro Mundial del Agua que se efectuó en La Haya en marzo del 2000. En esta visión se expresa un sentir compartido sobre el panorama del agua en el año 2025.

México ha recogido las principales orientaciones surgidas de los foros internacionales y actualmente forman parte de sus políticas:

Por su importancia destacan aspectos como la protección de los ecosistemas mediante una gestión sustentable de los recursos hidrológicos; la valoración del agua para administrarla en forma que refleje su valor económico, social, ambiental y cultural en todos sus usos, y avanzar en el sentido de que los precios que se fijen para los servicios reflejen los costos de su suministro.

En este contexto, la administración del agua respaldada por la Ley de Aguas Nacionales ubica a México en una posición congruente con otras legislaciones. No obstante lo anterior, es interesante destacar la visión que tiene la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) acerca del factor agua en México, ya que en ella resaltan aspectos que nuestro país debe superar en el futuro, sobre todo en lo relativo a la falta de mecanismos para hacer cumplir la legislación y reglamentación existente.

Específicamente, la OCDE recomienda insistir en la búsqueda de medidas para reducir los riesgos en la salud causados por aguas contaminadas, el establecimiento de medidas para incrementar la eficiencia del uso del agua para riego y otros usos, fortalecer el cumplimiento de la reglamentación en materia de agua, concluir la descentralización del manejo y administración del agua y habilitar a los Consejos de Cuenca para que se conviertan en poderosas agencias para la gestión de los recursos hidráulicos.

El manejo racional del recurso agua es un imperativo estratégico. El uso ineficiente del recurso y la degradación de su calidad constituyen un freno al crecimiento económico y contribuyen a incrementar las desigualdades sociales. Los más desprotegidos son quienes sufren más por falta de agua, tanto en las ciudades como en el campo. También son los que resienten más los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos como las sequías y las inundaciones.

Con el fin de determinar las estrategias para alcanzar la visión propuesta para el sector agua se han evaluado posibles escenarios de los usos del agua en el horizonte 2025.

Se analizaron escenarios de oferta-demanda a lo largo del periodo 2001-2025 para determinar la infraestructura necesaria, en los que se incluirían las obras y acciones específicas para el control de inundaciones. A partir de los resultados obtenidos se estimaron los costos correspondientes.

El crecimiento de la demanda de agua para distintos usos se basa en hipótesis sobre el crecimiento demográfico y económico del país. La demanda se caracterizó con base en:

- *Uso público-urbano. Cobertura del servicio de agua potable, consumos por persona y pérdidas de agua en las redes de abastecimiento.*
- *Uso agrícola. Superficies de riego y eficiencia en el uso del agua.*
- *Uso industrial. Participación de los diferentes giros industriales en el PIB, así como prácticas del empleo de agua.*

Entre los escenarios estudiados, dos contrastan en los patrones del uso del agua:

- En el primero de ellos se mantienen las condiciones que en promedio existen en la actualidad (Escenario Tendencial), y
- En el segundo se establecen características de mejor eficiencia (Escenario Sustentable).

De estos escenarios se presentan las principales consideraciones para la estimación de sus valores de demanda y costo:

**Escenario Tendencial.** Las condiciones de cobertura de agua y alcantarillado permanecen en los mismos niveles que las actuales, mientras que el saneamiento crece al considerarse que se cumple con las disposiciones establecidas en la NOM- ECOL-1996.

En el área hidroagrícola, sólo se realizan las acciones mínimas que permitan incrementar ligeramente la superficie actual con riego. Se considera que la industria tendrá la misma participación en el PIB que en la actualidad.

En relación con el control de inundaciones no se plantea la construcción de grandes obras, por lo que la inversión para este rubro seguirá siendo pequeña.

Según esas consideraciones, los requerimientos de agua para satisfacer las necesidades al seguir con los mismos patrones de consumo se incrementarían a 85,000 hm<sup>3</sup>/año y la inversión requerida en infraestructura para los próximos 25 años sería del orden de los 410,000 millones de pesos, que resulta una inversión media anual de 16,000 millones de pesos.

**Escenario Sustentable.** En éste escenario se considera que se alcanzará un 97 % de cobertura con los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento y que se hará un mejor uso y más eficiente del agua.

En el riego se pondrán en marcha acciones para utilizar eficientemente el agua y la infraestructura, mediante la rehabilitación de casi la totalidad de los distritos y unidades de riego. Además, se incorporarán al riego un millón de hectáreas adicionales.

Por lo que respecta a la industria, se espera que las mejoras tecnológicas de los procesos de producción permitan un uso más eficiente del agua, además de incrementarse el reúso de aguas residuales tratadas. Se estima en este escenario que el PIB crecería a una tasa del 5.1% anual y que la industria tendría una mayor participación en el mismo.

Finalmente, se propone reducir los daños ocasionados por las inundaciones, para lo cual se construirán grandes obras de protección y control de avenidas.

Escenarios al 2025			
Parámetro	Actual	Tendencial	Sustentable
Hectáreas modernizadas	0.8 millones	1.1 millones	5.8 millones
Nuevas Ha con riego	-	490,000	1,000,000
Pérdidas en riego	54 %	51 %	37 %
Pérdidas en uso urbano	44 %	44 %	24 %
Cobertura de agua potable	88 %	88 %	97 %
Cobertura de alcantarillado	76 %	76 %	97 %
% de aguas residuales tratadas	23 %	60 %	90 %
Volumen de agua utilizada (1)	72 / 79	85 / 91	75 / 80
Inversión anual del sector (2)	14	18	30

(1) El valor mínimo corresponde a reducciones en la demanda por sequía.

(2) Cifras en miles de millones de pesos (2001)

Fuente: Comisión Nacional del Agua.

**Tabla No 1.2.- Escenarios Programados por la CNA para el año 2025**

En el escenario sustentable, el enfoque central del manejo de los recursos está en el manejo de la demanda. Como se puede observar en la tabla anterior, aún cuando se dotará a una mayor población y se ampliará la frontera agrícola, gracias a una reducción de pérdidas asociada a un incremento de las eficiencias, la demanda de agua en el año 2025, se incrementaría un nivel mucho menor del que se requiere en el escenario tendencial.

Estimaciones de Inversión requerida para Agua al 2025 (millones de pesos del año 2001)		
Usos	Escenario Tendencial	Escenario Sustentable
Público- Urbano	184,811	374,416
Agua Potable	35,816	56,936
Mejoramiento Eficiencia	0	21,791
Alcantarillado	23,917	40,299
Rehabilitación de Infraestructura	60,096	240,387
Nuevas Fuentes de Abastecimiento	54,039	0
Tratamiento Municipal	10,943	15,003
Industrial	186,157	219,311
Abastecimiento de Agua Potable	152,478	146,973
Tratamiento Industrial	33,679	72,338
Agrícola	34,814	137,738
Distritos de Riego		
Modernización Áreas de Riego	14,264	30,699
Ampliación Áreas de Riego	9,711	20,331
Unidades de Riego		
Modernización Áreas de Riego	2,609	61,045
Ampliación Áreas de Riego	1,053	11,482
Riego Suplementario	3,177	3,200
Desarrollo Áreas de Temporal		
Obra Nueva	3,360	9,216
Rehabilitación	640	1,765
Obras de Protección	2,260	28,678
Total	408,042	760,143
Inversión del Sector Anual	16,322	30,406

**Tabla No 1.3.- Estimación por la CNA de la Inversión requerida para el año 2025**

La inversión requerida para lograr que se cumplan las metas planteadas en este escenario son de 760,000 millones de pesos (Mp), lo que significa una inversión media anual de 30,400 Mp y aproximadamente 35,000 Mp actualizados.

Sin embargo, se estimaba que para abatir los enormes rezagos existentes, los requerimientos para los primeros seis años se elevarían a 240,000 Mp (inversión que ya no se logró) y para el período 2007-2025 del orden de los 520,000 Mp. Además de esa inversión se tendrían costos totales de operación y mantenimiento, para todo el periodo, de 770,000 Mp.

Estos datos son muy indicativos del rezago del sector, del mal estado de la infraestructura de riego y de los sistemas de agua potable a nivel nacional, que tiende a agravarse si no se invierten montos por lo menos del doble de los presupuestos actuales.

También es muy claro que existe un consenso mundial para considerar el recurso agua como un bien económico, escaso y susceptible de sufrir deterioro en su calidad al usarse. Por lo mismo se han tomado acuerdos internacionales para que el recurso se valore bajo las bases de la teoría económica, tomando en cuenta primordialmente el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso al agua limpia y pura, incluyendo desde luego a las generaciones futuras, es decir cuidando que todos los aprovechamientos del recurso sean sustentables.

El transformar recursos en disponibilidades implica un costo económico que el usuario debe asumir, incluyendo además de los costos de infraestructura y de operación y mantenimiento, los costos de oportunidad y los costos ambientales que genera la degradación de la calidad del recurso, por lo que la legislación que regule este recurso deberá formularse con criterios sustentables, que permitan usar eficientemente el recurso y aseguren la calidad del mismo para los usuarios de aguas abajo y sobre todo para las siguientes generaciones.

Por todo lo anterior, en los dos siguientes capítulos, se hace una revisión de la teoría económica general, así como de su aplicación directa al uso y aprovechamiento del agua, para poder formular los criterios de análisis económico e integrar un procedimiento de cálculo del costo y valor del recurso.

## **1.9.- Resumen y Conclusiones**

Ante la gravedad de la crisis mundial, cada vez se otorga mayor atención al agua. Por lo mismo se han realizado numerosas reuniones internacionales, cuyo objetivo ha sido profundizar en la problemática del recurso y establecer medidas de solución compartidas.

De esa manera se ha logrado un consenso mundial para considerar el recurso como un bien económico escaso y susceptible de sufrir deterioro en su calidad al usarse. También se han tomado acuerdos para que se valore bajo las bases de la teoría económica, tomando en cuenta prioritariamente el derecho de todo ser humano a tener acceso al agua limpia y pura, incluyéndose las generaciones futuras, es decir cuidando que todos los aprovechamientos sean sustentables.

La base económica para lograr la eficiencia en el aprovechamiento de un recurso escaso es la teoría de libre mercado, lo cual implica necesariamente una forma diferente de valorar el agua, misma que se analizará con detalle en los siguientes capítulos, pero también implica una manera diferente de administrar el recurso.

Por ello, los países más avanzados están transitando hacia la conformación de esquemas de competencia con mercados de agua regulados por consejos de cuenca, donde las decisiones de aprovechamientos de los diferentes usos del agua tienden a ser tomadas por la sociedad con la regulación de los gobiernos.

Sin embargo, también hay opiniones condicionadas, específicamente en América Latina, donde se acepta que los mercados del agua ofrecen ventajas para la asignación eficiente del agua, pero que su efectividad depende de que se alcance las características del paradigma competitivo.

La eficiencia de los mercados competitivos se basa en muchos supuestos restrictivos. En el caso de las disfunciones del mercado, la teoría económica prescribe que el papel que ha de desempeñar el gobierno consiste en intervenir de forma que las corrija y que restablezca o reponga las condiciones necesarias para implantar nuevamente la eficiencia económica.

Los retos para avanzar en sistemas eficientes y rentables requiere de más tiempo y recursos. En este contexto, la regulación es una directiva que aplica el Estado de manera coercitiva para proteger el interés público mediante normas de derecho público. En consecuencia, muchas de las administraciones municipales carecen todavía de la capacidad para hacerse cargo del sistema completo, desde la inversión en infraestructura, hasta el diseño ideal del marco regulatorio que favorezca la eficiencia administrativa del sector.

En nuestro país el agua ha sido considerada como un bien natural abundante, del que se puede disponer a muy bajo costo, y que se puede fácilmente utilizar sin restricciones. Como consecuencia de lo anterior, las cuencas hidrográficas se han sobreexplotado y contaminado.

La sobreexplotación obedece tanto a la concentración de crecimiento que ha seguido el país, como al mal uso generalizado del recurso; en las zonas rurales se pierde 60 % del líquido y en los centros urbanos 40 % en promedio. Esto se debe principalmente a la falta de cultura del agua y al mal estado de la infraestructura, pero también al desperdicio y al uso ineficiente del recurso.

Se trata por tanto en el caso de México de una crisis de gestión, más que una escasez real de recursos, esencialmente causada por la utilización de políticas y métodos de administración inadecuados. Como solución se propone efficientar los aprovechamientos, mediante el mejoramiento y modernización tecnológica de los sistemas hidráulicos. Se busca detener la contaminación y el mal uso del recurso.

La elaboración de este capítulo esta basado en una selección y resumen de las conclusiones de los Foros Mundiales del Agua, así como en diversos documentos de la UNESCO, de la OCDE y de la CEPAL relacionados con el tema del Agua, además en documentación pública de la Comisión Nacional del Agua.

## **Capítulo 2.-**

### **Teoría Económica General.**

#### **2.1.- Definición de Economía y Conceptos Básicos.**

El hombre enfrenta constantemente el problema de la escasez, ya que cuenta con recursos limitados con respecto a sus necesidades ilimitadas; por lo que continuamente tiene que decidir de manera racional cómo asignar los recursos eficientemente para satisfacer sus necesidades.

La economía es la ciencia que estudia el comportamiento humano en la resolución del problema de asignar los recursos para satisfacer sus necesidades. Esta es precisamente la base de la evaluación de proyectos: la existencia de recursos escasos con la cual se trata de atender necesidades prácticamente ilimitadas.

Los recursos pueden utilizarse para satisfacer más de una necesidad, es decir, tienen usos alternativos. Al elegir un uso específico, renunciamos a satisfacer otras necesidades a las que ese recurso pudiera destinarse. De aquí se deriva el concepto fundamental de la elección. Al seleccionar racionalmente se elige la mejor de las alternativas.

La economía supone que el individuo es racional ya que su objetivo es maximizar su bienestar, es decir, evalúa los costos y beneficios de las acciones alternativas y las lleva a cabo sólo si los beneficios son superiores a los costos; asimismo, supone que es consistente al sostener las alternativas que elige.

En este sentido, el costo de oportunidad se define como el valor de la mejor alternativa a la que se renuncia. Al elegir un curso de acción se decide la selección de un proyecto que trae como consecuencia costos y beneficios, pero donde, en principio, los beneficios son mayores que los costos.

Esta definición refleja la característica de competencia que existe en el uso de los recursos, ya que la economía estudia los mecanismos para asignar recursos escasos entre usos que están en competencia.



Dado que el individuo enfrenta la escasez, cada vez que desea consumir más de algún bien o servicio debe dejar de consumir una proporción de otros. La relación que existe entre el número de unidades que la persona está dispuesta a sacrificar para poder consumir una unidad adicional de otro bien, es conocida como tasa marginal de sustitución (TMS).

La TMS para un mismo individuo no es constante, ya que depende de los niveles de consumo en el que se encuentre, es decir, el grado de satisfacción que tiene. Se ha observado que el beneficio de consumir un bien o servicio es decreciente conforme aumenta su consumo, incluso llega a ser negativo. Esto quiere decir que entre mayor cantidad tenemos de un bien, menor valor le asignamos a la cantidad adicional; y mientras menos tenemos de él, más sentimos que perdemos. Esta característica se conoce como la Ley de los Rendimientos Decrecientes.

Supuestos:

a.- Todos los consumidores tienen un conocimiento completo de la información pertinente para tomar su decisión racionalmente; un conocimiento de los bienes o servicios disponibles y de su capacidad técnica para satisfacer sus deseos, de los precios del mercado y de su ingreso (presupuesto) disponible.

b.- Todos los consumidores tienen una función de preferencia que establece un orden entre todas las combinaciones de preferencias e indiferencias de los bienes y servicios disponibles.

Los economistas definen la utilidad, como la cualidad que vuelve deseable a un bien. Los individuos, al ser racionales, buscan maximizar su utilidad, medida por el grado de satisfacción que obtienen a través del consumo de bienes y servicios. Sin embargo, los precios de dichos bienes y el ingreso disponible limitan la utilidad que pueden obtener, por lo cual tienen que tener en cuenta estas dos variables para elegir la combinación de bienes que maximiza su utilidad.

La elección de consumo está en función de las preferencias del individuo, las cuales comprenden sus gustos y aversiones. Hay tres supuestos fundamentales acerca de ellas:

- Las preferencias no dependen de los precios de los bienes
- Las preferencias no dependen del ingreso.
- Más de cualquier bien es preferible a menos de ese bien (consumidor insaciable)

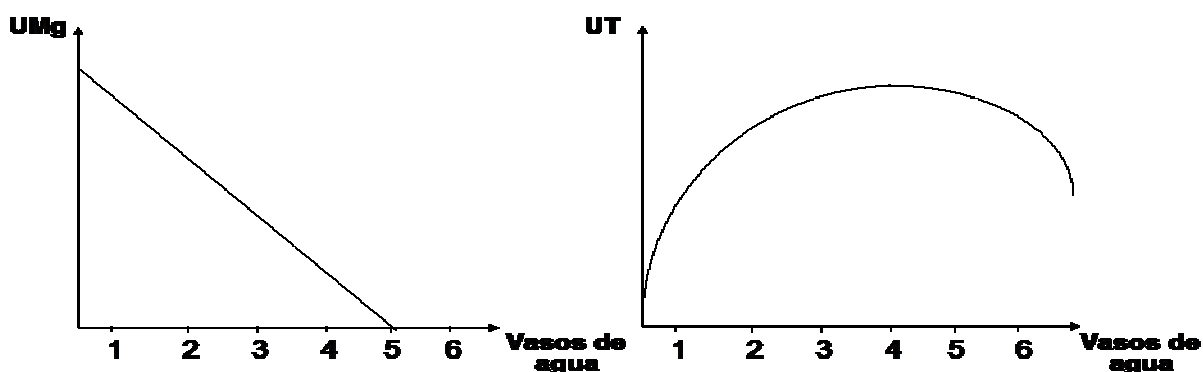
Además se puede decir que las preferencias de las personas cambian con el tiempo, ya que influyen las cosas que consumen y experimentan. Para analizar la conducta del consumidor en la solución del problema presupuestario, utilizamos el enfoque de la utilidad ordinal, el cual supone que los individuos pueden ordenar cada una de las cestas de bienes posibles por orden de preferencia.

La utilidad es el beneficio o satisfacción que una persona obtiene del consumo de bienes y servicios. La utilidad total (UT) depende del nivel de consumo de la persona: más consumo proporciona más utilidad total.

Si medimos el incremento en la utilidad total al aumentar en una unidad la cantidad consumida de un bien, obtenemos lo que se denomina la utilidad marginal (UMg). Sin embargo, por la Ley de los Rendimientos Decrecientes la utilidad marginal que se obtiene por consumir cada unidad adicional de un bien es cada vez menor.

Dado que la UMg es decreciente, la utilidad total crece, pero cada vez menos hasta que la utilidad marginal es cero, entonces la utilidad total se mantiene constante; si la persona decide consumir aun más, la utilidad marginal se vuelve negativa porque le provoca malestar, y por lo tanto la utilidad total disminuye.

En general, podemos considerar a la utilidad marginal y a la utilidad total como funciones continuas, por lo que gráficamente se verían como sigue:



Gráfica 2.1 Utilidad Marginal y Utilidad Total dibujadas como líneas continuas.

Dado que los consumidores actúan en forma racional, buscarán el máximo de bienestar o utilidad, de acuerdo con sus preferencias; sin embargo no podrán incrementar indefinidamente su consumo debido a que enfrentan dos restricciones: la de su ingreso, y los precios de los bienes.

Las posibilidades de consumo de un individuo se expresan formalmente a través de la siguiente ecuación conocida como la función de la recta (o línea) de presupuesto, en donde:

$$I = P_x X + P_y Y$$

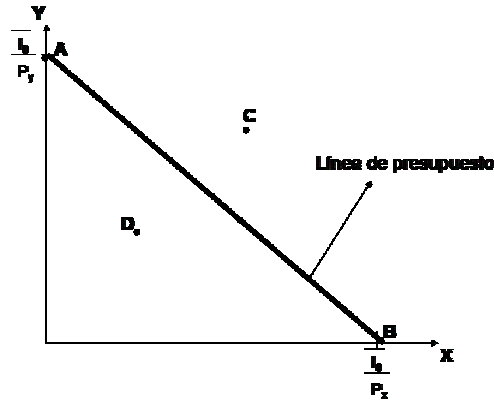
$P_x$  y  $P_y$  son los precios de los bienes X y Y;  
 $I$  es el ingreso total del consumidor.

Esto implica que el ingreso es igual al gasto, o dicho de otra manera, que el individuo agota todo su presupuesto y, por lo tanto, si desea incrementar el consumo de uno de los bienes tendrá que sacrificar el de otro.

Para representar gráficamente las posibilidades de consumo entre los bienes X y Y con un ingreso fijo, transformamos la ecuación de presupuesto y la expresamos en términos de los bienes que se consumen.

Así, la ecuación que obtenemos es:

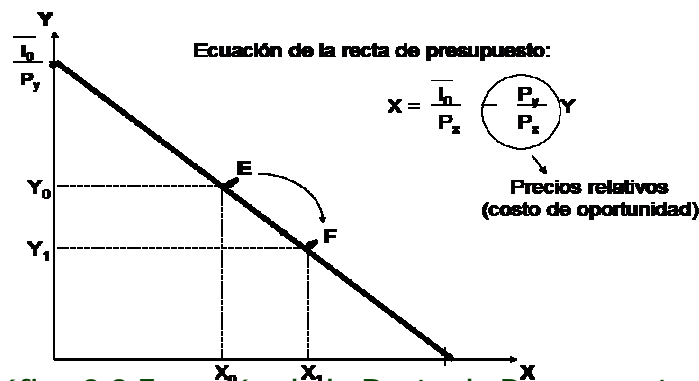
$$X = \frac{I_0}{P_X} - \frac{P_Y}{P_X} Y$$



Gráfica No 2.2.- Línea de Presupuesto

La línea de presupuesto indica las cantidades máximas de ambos bienes que puede comprar el consumidor con su ingreso  $I$ . Todos los puntos sobre la línea y el área por debajo de ésta comprenden las posibilidades de consumo.

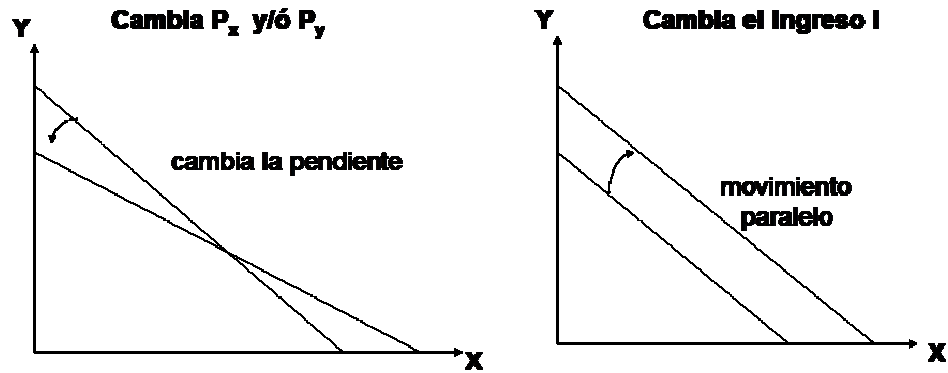
Sobre la recta de presupuesto en la gráfica 2.3, el pasar del punto E al F significa que para incrementar nuestro consumo de  $X_0$  a  $X_1$  tenemos que sacrificar  $Y_0 - Y_1$  de consumo en Y. En términos de la ecuación de la recta, ello significa cuánto cuesta, en términos del bien Y, consumir una unidad más de X. Por lo tanto, la relación de los precios, el precio relativo, es la pendiente de la recta de presupuesto e indica el costo de oportunidad de un bien en términos del otro. En este sentido, la forma en que podemos sustituir un bien por otro está dada por el mercado, a través de los precios.



Gráfica 2.3 Ecuación de la Recta de Presupuesto

Hay dos variables que modifican la recta de presupuesto: el ingreso del individuo y los precios de los bienes. Cuando cambia el precio de alguno de los bienes el precio relativo se modifica y altera la pendiente de la recta de presupuesto, lo que implica que se modifica el costo de oportunidad.

Asimismo, cuando se incrementa el ingreso, las posibilidades de consumo crecen al desplazarse la recta de presupuesto en forma paralela hacia la derecha, y con ello las decisiones del consumidor se ven modificadas. Esto se muestra en la siguiente gráfica 2.4.



Gráfica 2.4 Cambios en la Línea de Presupuesto

El consumidor trata de maximizar su utilidad limitado por su restricción presupuestal. Se puede expresar esto en términos de la siguiente función:

$$\text{Max } U(X, Y) \quad \text{sujeta a} \quad P_x X + P_y Y = I$$

en donde:  $I$  es el ingreso total del consumidor

$X, Y$  son los dos bienes o cestas de bienes que existen en la economía

$P_x, P_y$  son los precios de los bienes  $X$  y  $Y$

Es importante mencionar que la función  $U(X, Y)$  no tiene un máximo; simplemente se incrementa conforme aumenta  $X$  o  $Y$ . La ecuación significa que queremos hallar los valores de  $X$  y  $Y$  que producen el máximo valor de  $U$  sujeto a la restricción de que el individuo gasta todo su ingreso.

De esta forma, para poder elegir, el consumidor comparará la utilidad adicional que obtiene por peso gastado en cada bien, incrementando el consumo de aquellos cuya utilidad por peso gastado sea mayor que la de los demás bienes. Si para un individuo se cumple que:

$$\frac{UM_{gA}}{P_A} > \frac{UM_{gB}}{P_B}$$

en donde:  $UM_{gA}$  = utilidad marginal de consumir el bien A (o del bien B)

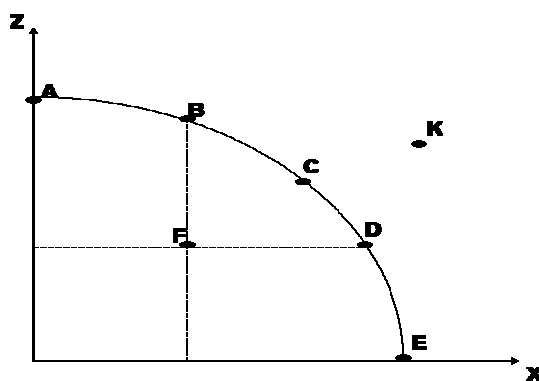
$P_A$  = precio del bien A (o del bien B),

Entonces consumirá más del bien A, hasta que esta relación se iguale. Dada la Ley de los Rendimientos Decrecientes, el beneficio que obtiene por cada unidad adicional es cada vez menor, mientras que los otros bienes se van volviendo más escasos al tener un menor consumo, por lo que la utilidad de los últimos crece paulatinamente.

De esta forma, la utilidad se maximiza cuando la utilidad marginal por peso gastado es igual para todos los bienes:

$$\frac{UMgA}{P_A} = \frac{UMgB}{P_B} = \dots = \frac{UMgi}{P_i}$$

Dada la restricción del ingreso y de los precios, las posibilidades de consumo y de producción tienen un límite, más allá del cual es imposible alcanzar combinaciones de bienes consumidos y producidos para satisfacer nuestras necesidades. El límite a las posibilidades de producción se conoce como la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP).



Gráfica 2.5 Frontera de posibilidades de producción (FPP).

Dada una dotación fija de recursos es posible incrementar la producción de X pasando al punto B, dejando de producir algo de Z. Esta relación indica el costo de oportunidad de producir un bien en términos de otro.

De la misma forma, si se incrementa la producción de X hasta llegar al punto C, el sacrificio que se tiene que realizar en términos de Z es mayor que en el primer caso, lo que implica que el costo de oportunidad es creciente, ya que existe una escasez creciente del bien Z conforme se incrementan las unidades producidas de X y disminuyen las de Z. Todos los puntos sobre la FPP son eficientes porque utilizan la totalidad de los recursos. En contraposición, un punto como F es ineficiente, porque podría pasar a cualquier punto sobre la frontera, por ejemplo el punto C, en donde incrementaría el bienestar con la producción de ambos bienes. Por su parte, el punto K es una combinación inalcanzable. El costo de oportunidad creciente y el hecho que los recursos no sean igualmente útiles en la producción de los diferentes bienes, provocan que la FPP sea cóncava al origen.

Aunque la FPP define el límite entre lo alcanzable y lo inalcanzable, éste no es estático; con el paso del tiempo esta frontera se puede trasladar alejándose del origen cuando hay crecimiento económico, o hacia adentro cuando existe una recesión. En el primer caso, el potencial de la economía se incrementa por un aumento en el capital o por una mejora tecnológica que permite obtener una mayor producción con la misma cantidad de recursos.

Para fines de la evaluación de proyectos cuatro cosas son muy importantes:

1. El beneficio de tener más de un bien se mide utilizando la curva de demanda,
2. El costo de tener más de un cierto bien se mide utilizando la curva de oferta, y
3. El beneficio neto se mide mediante la diferencia entre las dos curvas,
4. Como lo anterior ocurre a través del tiempo, la forma de traer al presente el valor monetario de cada concepto se hace utilizando una tasa de descuento.

## **2.2.- Teoría de la Conducta del Consumidor, de la Demanda y Precios.-**

**2.2.1.- Importancia de los precios.-** Los precios reflejan el costo de oportunidad de los bienes, motivo por el que desempeñan un papel primordial al proporcionar información a los consumidores y productores para la toma de decisiones. Un aumento en los precios provoca una reducción en las compras de los consumidores y, simultáneamente, provoca un incremento en la producción; por el contrario, una reducción en los precios incentiva un mayor consumo y restringe la producción.

En una economía de mercado los precios se determinan por la interacción privada de los consumidores y de los productores, reflejando el costo de oportunidad de los recursos. Sin embargo, existen dos circunstancias en las que esta interacción se ve obstaculizada, provocando precios "mentirosos" que no reflejan el verdadero costo de oportunidad.

La primera circunstancia se relaciona con los derechos de propiedad que no están bien definidos y presentan externalidades, es decir, acciones que realiza algún integrante de la sociedad y que generan costos y/o beneficios a otros individuos, mismos que no se ven recompensados por los costos o molestias en que incurren, ni compensados por los beneficios. Un ejemplo de esta situación es la contaminación del aire por la emisión de gases de la actividad industrial. Cuando esta contaminación llega a ciertos niveles, ocasiona molestias y afectaciones en la salud de la población que se encuentra alrededor de la zona industrial, lo que implica que se tenga que incurrir en costos de médicos, medicamentos, etc.

Para evitar las consecuencia de la contaminación y los costos en los que ha incurrido la sociedad para enfrentar dicho problema, se ha establecido una normatividad para regular las emisiones de las industrias, la cual busca reducir los niveles de contaminación y exige a sus generadores que asuman (internalicen) los costos que esto provoca, obligándolos a instalar equipos anticontaminantes o filtros en sus chimeneas.

La segunda circunstancia surge cuando existen barreras naturales o legales para la entrada en alguna industria, lo que ocasiona que los precios no reflejen las decisiones privadas del mercado, ya que en la interacción de consumidores y productores, uno de las partes tiene una posición de ventaja sobre el otro, restándole capacidad para decidir. Esta situación se presenta con los Monopolios, deformando las condiciones del mercado, al no existir competitividad entre los productores ni opciones para seleccionar los bienes por parte de los consumidores.

En la evaluación de proyectos resulta muy importante que se analice si no hay deformaciones en los precios y si éstos reflejan la realidad, o si están afectados por circunstancias como las que se han descrito. Muchas veces un proyecto puede ser rentable financieramente porque el precio de un insumo importante está siendo subsidiado por el gobierno, como puede ser el caso de la energía. Obviamente al momento en que se retiren los subsidios el proyecto puede resultar no-rentable. Sin embargo, el mismo proyecto, al evaluarse desde el punto de vista de la economía del país, resultaría no-rentable desde el inicio, debido a que el precio se corrige para fines de la evaluación con el precio real (también conocido con el nombre de precio social, precio sombra, precio de cuenta, o precio económico).

Por otra parte, los precios sufren modificaciones con el tiempo, que pueden ser atribuibles a un cambio en el mercado de cada bien (variaciones en la demanda o cambios tecnológicos) o a un aumento generalizado y sostenido de los precios, el cual se denomina inflación. Esto implica que los precios de hoy no son comparables con los de hace uno o dos años, por lo que se han desarrollado diversos índices que permiten expresar los precios en una sola unidad y con ello comparar los bienes a través de sus valores reales.

### 2.2.2.- Curva de Demanda Individual y de Mercado

La conducta del consumidor se refleja en el mercado a través de la demanda, que es la cantidad que está dispuesto a comprar a los diferentes precios. La Teoría de la Demanda busca dar validez empírica a la hipótesis de que los consumidores actuamos como si supiéramos la cuantificación de la utilidad que nos reporta el consumo de cada bien y tomamos decisiones con base en esa información.

La cantidad de un bien o servicio particular que un individuo está dispuesto a comprar depende de muchos factores, entre los que destacan: el precio del bien, el precio de los bienes relacionados (sustitutos y complementarios), el ingreso, la población y las preferencias. La función de demanda es la relación que existe entre la cantidad demandada de un bien y su precio, manteniendo constantes a todos los demás factores que determinan la cantidad a comprar.

Se puede expresar la función de la demanda de X como:

$$D_x = f(P_x, P_y, P_z, \text{Ingreso}, \text{Población}, \text{Preferencias})$$

en donde: P es el precio de los bienes

X es un bien de X

Y un bien complementario de X

Z un bien sustituto

Una vez que se conoce la relación que existe entre las variables y la cantidad demandada, podemos obtener la Ecuación de la Demanda, expresándola en los siguientes términos:

$$Q_x = A^* + \alpha P_x + \beta P_y + \gamma P_z + \phi I + \delta P_{ob} + \psi Pr ef$$

en donde:  $A^*$  es una constante de proporcionalidad

$\alpha, \beta, \gamma, \phi, \delta, \psi$  son los coeficientes que determinan el signo y la magnitud del cambio en la demanda ante un cambio en la variable

Si expresamos la ecuación de la demanda del bien X en términos de su precio, manteniendo todo lo demás constante dentro de  $A^*$ , obtenemos la ecuación de la curva de la demanda:

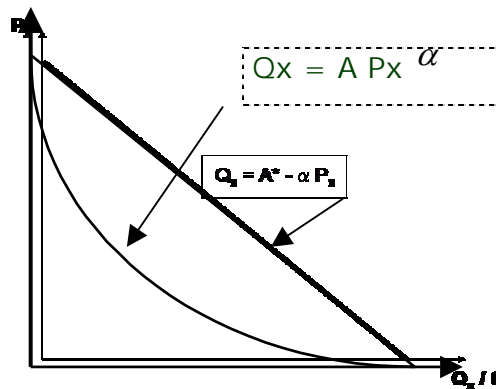
$$Q_x = A^* - \alpha P_x$$

Cuando aumenta el precio de un bien la utilidad marginal por peso gastado ( $UM_{gx}/P_x$ ) disminuye, por lo que reducimos su consumo e incrementamos el de los otros bienes. Esto determina que, en general, el signo del parámetro  $\alpha$  sea negativo, a lo que se denomina Ley de la Demanda.

Asimismo,  $\alpha$  es la pendiente de la curva y muestra el grado de respuesta de la cantidad demandada del bien cuando varía su precio, manteniendo constantes a todos los demás factores que determinan la demanda (precio de otros bienes, ingresos, gustos, etc).

Para representar gráficamente la curva de la demanda se ha convenido en invertir los ejes, poniendo a la variable dependiente (cantidad por unidad de tiempo) en la abscisa, y al precio (variable independiente) en la ordenada.

La curva de la demanda tiene una forma como la que se presenta en la siguiente gráfica (aunque en ocasiones puede ser que en realidad se trate de una hipérbola, en este último caso la ecuación es de la forma):  $Q_x = A P_x^{-\alpha}$



Gráfica 2.6 Curva de la Demanda

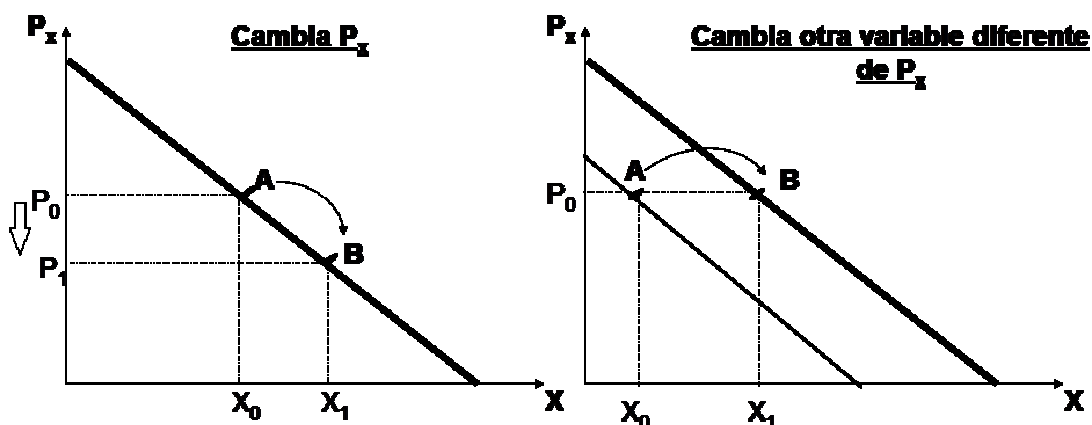
La curva de la demanda expresa:

- El precio máximo que el consumidor está dispuesto a pagar por cada cantidad del bien, o la cantidad máxima que está dispuesto a comprar a cada precio.
- El gasto total. Conociendo un punto como  $t$  sobre la curva podemos obtener el gasto total del consumidor, que resulta de multiplicar el precio por la cantidad.



- El ingreso total de los productores, que es equivalente al gasto total de los consumidores. Dato que resulta de suma importancia para los productores, permitiéndoles formular políticas de precios.

Al cambiar alguna de las variables la demanda tiene modificaciones. Si se modifica el precio del bien, que es la variable endógena (variable que se representa en la ordenada), provoca un movimiento sobre la curva cambiando la cantidad demandada (permaneciendo constante la curva demanda). Si se modifica alguna de las otras variables clasificadas como exógenas (los precios de los bienes sustitutos o complementarios, o el ingreso) se modifica toda la curva de demanda, desplazándose en forma paralela, como se observa enseguida.



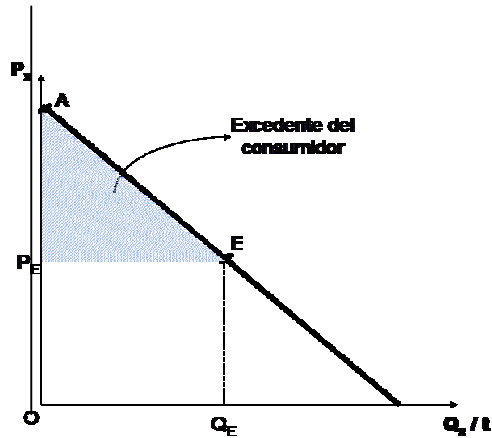
Gráfica 2.7 Movimientos en la curva de demanda al cambiar el Precio y otras var.

Se puede afirmar que los consumidores obtienen un beneficio o satisfacción menor por cada unidad adicional consumida, razón por la cual su disposición a pagar por cada unidad también va a ser menor. Esto se refleja en la pendiente negativa de la curva de demanda. Sin embargo, establecer precios por cada unidad que consumimos sería muy costoso, tanto para los consumidores como para los productores, por lo que en el mercado pagamos un precio único por todas las unidades de un bien, lo que se conoce como el precio de equilibrio.

De ahí que para las primeras unidades generalmente el precio sea menor a lo que el consumidor estaría dispuesto a pagar por ellas. La diferencia entre lo que estamos dispuestos a pagar y lo que efectivamente pagamos se denomina excedente del consumidor.

**2.2.3.- Excedente del Consumidor.** El área debajo de la curva de demanda representa el beneficio del consumidor, ya que la disposición a pagar es el valor del beneficio que obtiene el individuo por consumir cada unidad de ese bien.

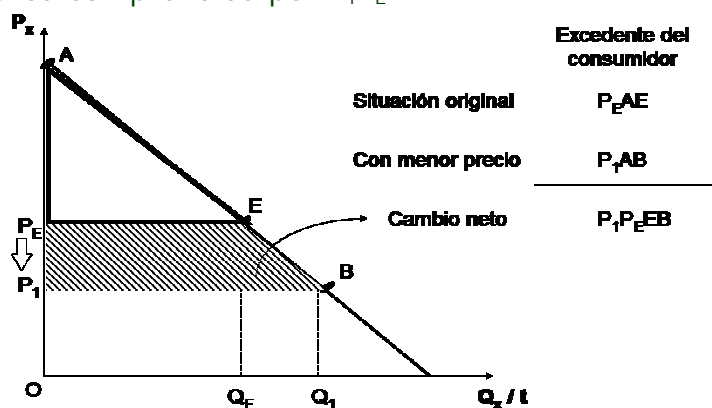
Dado que existe un precio en el mercado  $P_E$  de equilibrio, el consumidor establece la cantidad a consumir hasta el punto en el que el precio iguale a la utilidad o beneficio obtenido, ya que de seguir consumiéndola seguirá pagando el mismo precio y obtendrá un beneficio menor. De esta forma, al beneficio total ( $OAEQ_E$ ) restaremos el gasto en el que incurre el consumidor para obtener  $Q_E$  unidades ( $OP_EEQ_E$ ), con lo que obtenemos el excedente del consumidor ( $P_EAE$ ).



Gráfica 2.8 Excedente del consumidor

El excedente del consumidor es una medida del bienestar de los individuos que permite comparar niveles de bienestar cuando se presentan cambios en los precios y en las cantidades consumidas, provocados por diversas causas.

Al considerar una disminución en el precio de algún bien, la utilidad marginal por peso gastado en ese bien ( $UM_{gx}/P_x$ ) aumenta, con lo que el individuo incrementará su consumo. Esto lo podemos constatar gráficamente (véase la gráfica 2.9), si vemos cómo al reducirse el precio de  $P_E$  a  $P_1$  el consumidor comprará  $Q_1$  unidades, cantidad mayor a  $Q_E$  que inicialmente consumía. En la situación original, el excedente del consumidor estaba representado por el área ( $P_EAE$ ); con el nuevo precio, el excedente del consumidor es  $P_1AB$ , por lo que éste creció en el área comprendida por  $P_1P_EEB$ .



Gráfica 2.9 El Excedente del consumidor como medida de Bienestar

**2.2.4.- Elasticidad de la Demanda.** Elasticidad al precio, al ingreso y elasticidad cruzada de la demanda. La elasticidad es el concepto que mide el grado de respuesta de una variable dependiente ante un cambio en una variable independiente.

$$\text{Elasticidad} = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad}}{\text{Cambio porcentual en la variable}}$$

Un ejemplo es el porcentaje en que cambia la circulación de vehículos por una autopista con relación a un incremento de 20% en el peaje. Se puede observar que la elasticidad es una medida que carece de unidades, lo que permite comparar cambios en variables con diferentes unidades (kilos, entradas, litros).

Existe una elasticidad para cada variable que determina a la demanda:

- Elasticidad precio: mide el grado de respuesta de la cantidad demandada de un bien o servicio, como consecuencia de variaciones en su precio.
- Elasticidad ingreso: mide el grado de respuesta de la demanda ante cambios en el ingreso.
- Elasticidad cruzada: mide el cambio en la cantidad demandada de un bien ante variaciones en los precios de otros bienes.

Elasticidad precio de la demanda

$$E_{Px} = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad}}{\text{Cambio porcentual en el precio del bien}}$$

Por la Ley de la Demanda el precio y cantidad tienen una relación inversa, al subir el precio la cantidad demandada baja y viceversa, por lo que el valor de la elasticidad precio siempre tendrá signo negativo. Para simplificar se ha convenido en tomar la elasticidad en valor absoluto, mismo que puede ir de cero a infinito.

La ecuación de la elasticidad se puede expresar de la siguiente manera:

$$E_{px} = \frac{\Delta Q_x / Q_x}{\Delta P_x / P_x} = \frac{\Delta Q_x}{\Delta P_x} \frac{P_x}{Q_x}$$

en donde:  $Q$  = cantidad del bien  $P$  = precio del bien y  $\Delta Q_x / \Delta P_x = 1/\text{pendiente de la recta de demanda}$ , entonces:

$$E_{px} = \frac{1}{\text{pendiente } Q_x} P_x$$

La elasticidad es una medida que permite comparar las demandas de los bienes, si A es más o menos elástica que la demanda del bien B, razón por lo que normalmente no se acostumbra expresarla directamente a través de la pendiente, porque ésta depende de las unidades con las que se mide el precio y la cantidad.

Esto es importante porque la elasticidad permite determinar la incidencia de algunas medidas de políticas públicas como son los subsidios y los impuestos a los consumidores o productores. Por ejemplo, si el gobierno ha decidido incrementar la tasa impositiva para mejorar la recaudación, podrá elegir entre incrementar la tasa del tabaco o de las bebidas alcohólicas. Estas dos demandas no pueden compararse directamente ya que la primera está medida en kilos y la segunda en litros.

De esta forma, conociendo la pendiente (el parámetro  $a$ ) y un punto de la curva de demanda se podrá saber la elasticidad en ese punto. Sin embargo, ésta varía a lo largo de la curva y su grado se ha clasificado de acuerdo con su valor como:

Demanda inelástica:  $0 < E_{px} < 1$

Cuando el valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda es menor a 1, es decir, que a un determinado cambio porcentual en el precio le corresponde un cambio porcentual menor en la cantidad demandada. Una implicación importante de esto es que si bajara el precio, el gasto del consumidor (precio que paga multiplicado por la cantidad que adquiere) disminuiría, ya que la cantidad demandada aumentó menos que proporcionalmente a la disminución en el precio.

Demanda de elasticidad unitaria:  $E_{px} = 1$

Cuando la elasticidad precio es igual a 1, significa que el cambio porcentual del precio y de la cantidad demandada es igual (aunque de signo contrario), así que el gasto del consumidor se mantiene constante a cualquier nivel de precios.

Demanda elástica:  $E_{px} > 1$

Cuando la elasticidad precio de la demanda es mayor a 1, cuando a un determinado cambio porcentual en el precio le corresponde un cambio mayor en la cantidad demandada; el gasto del consumidor se incrementará, ya que la demanda aumentó más que proporcionalmente a la disminución en el precio.

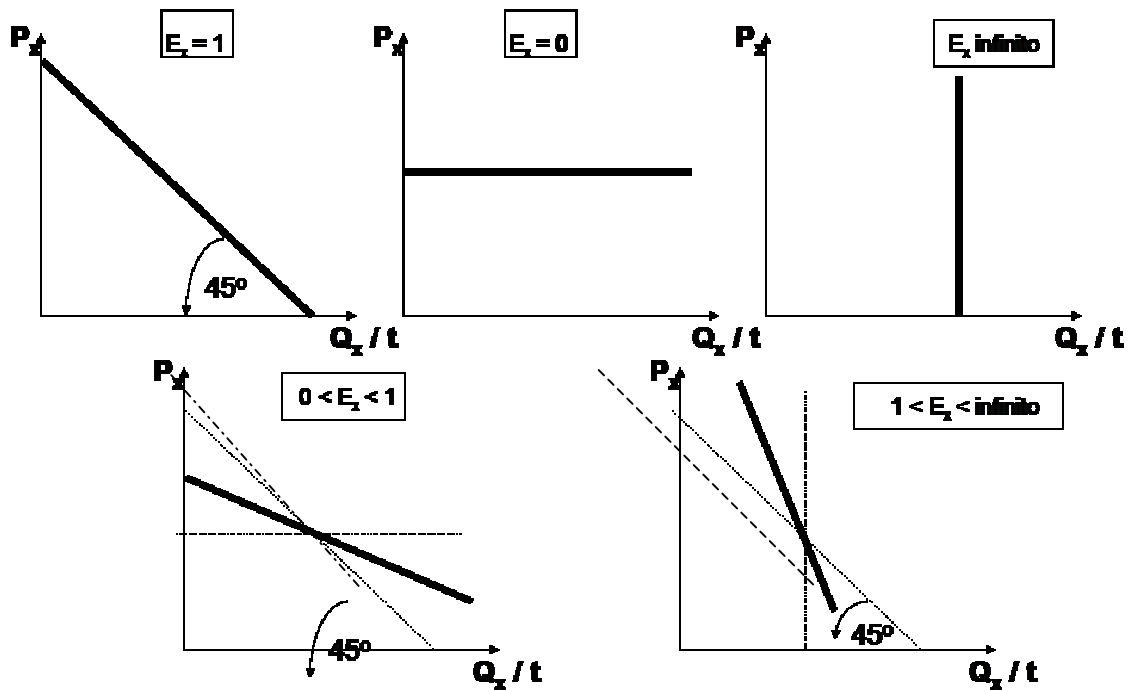
Demanda perfectamente elástica:  $E_{px} = \infty$

Cuando las personas demandan cualquier cantidad de un bien a un precio dado, pero si éste sufre un incremento, por mínimo que sea, la cantidad demandada desciende a cero. En este caso, un cambio porcentual prácticamente de cero produce un cambio porcentual infinito en la cantidad demandada, por lo que su elasticidad precio es infinita.

Demanda perfectamente inelástica:  $E_{px} = 0$

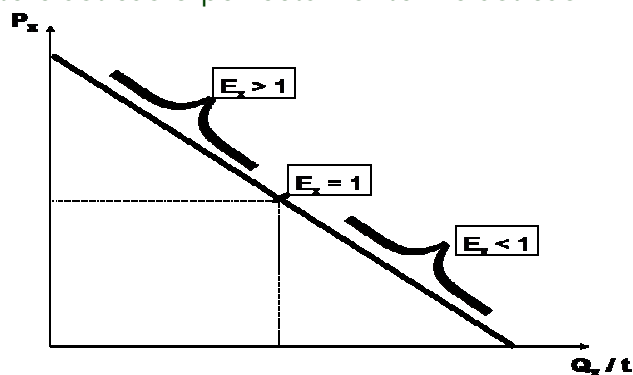
Cuando se demanda una cantidad fija de un bien a cualquier precio, por lo que si éste sufre un incremento, por grande que sea, la cantidad demandada no cambia. En este caso, un cambio porcentual muy grande en el precio produce un cambio porcentual igual a cero en la cantidad demandada.

Las implicaciones gráficas de las elasticidades en la curva de demanda se pueden observar en el conjunto de gráficos que se presenta a continuación:



Gráfica 2.10 Elasticidades de demanda

Las funciones de demanda varían de acuerdo con la relación que existe entre sus determinantes y la cantidad demandada. En el caso de una demanda lineal podemos encontrar los tres tipos de elasticidad. Como se observa en la gráfica 2.11, en el punto medio de la demanda la elasticidad precio será unitaria; por arriba del punto medio será mayor a uno en valor absoluto, y por abajo del punto medio será menor a uno en valor absoluto. Esto no se cumple para las demandas perfectamente elásticas o perfectamente inelásticas.



Gráfica 2.11 Elasticidades demanda lineal.

Existen varios factores que determinan la elasticidad de la demanda, entre los cuales destacan:

a) La existencia de sustitutos y el grado de sustitución entre ellos. Mientras más sustitutos tenga un bien y sus características sean muy similares, más elástica va ser la curva de demanda.

b) La proporción del ingreso que se gasta en el bien. Mientras mayor sea su participación en el gasto familiar más elástica será la demanda.

c) El grado de necesidad del bien. Por ejemplo, la demanda de un diabético por insulina será muy inelástica debido a que es un bien indispensable, por lo que al cambiar de precio su demanda no varía significativamente.

d) El tiempo. Mientras más largo sea el lapso en estudio más elástica será la demanda ya que el consumidor tiene tiempo para ajustarse y cambiar su patrón de consumo ante los cambios de precio.

Elasticidad ingreso.- La elasticidad ingreso de la demanda nos indica cómo cambia la demanda de un bien al modificarse el nivel de ingreso de los consumidores. Se expresa como:

$$E_I = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad consumida}}{\text{Cambio porcentual en el ingreso}}$$

La elasticidad ingreso puede ser positiva o negativa, de acuerdo a lo cual podemos clasificar a los bienes en:

- Bienes normales. Cuando la elasticidad tiene valores entre 0 y 1 se observa que al incrementar el ingreso aumenta el consumo, pero en menor proporción.

- Bienes superiores. Cuando la elasticidad ingreso es mayor que 1 se observa que el incremento en el consumo es en mayor proporción que la variación en ingreso.

- Bienes inferiores. Cuando la elasticidad ingreso es negativa se observa que con el incremento de ingreso el consumo de ese bien disminuye.

- Bienes neutros. Cuando la elasticidad ingreso es igual a cero no se observa cambio alguno en el consumo del bien al incrementar el ingreso.

En general, un mismo bien puede entrar en las cuatro clasificaciones, lo cual dependerá del nivel de ingreso del que se parte.

Elasticidad cruzada.- La demanda de cualquier bien en el mercado depende de los precios de sus sustitutos y complementos. La elasticidad cruzada de la demanda mide la sensibilidad de la cantidad demandada de un bien en particular, a los cambios en los precios de los otros bienes, y se expresa como:

$$E_{x,P_y} = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad}}{\text{Cambio porcentual en el } P_y}$$

Según el tipo de bienes de que se trate, el valor de la elasticidad cruzada puede ser negativo, igual a cero o positivo. De esta forma:

- Bienes sustitutos. La elasticidad cruzada tiene signo positivo porque la relación entre el cambio de precio de Y y la cantidad demandada de X es directa.
- Bienes complementarios. El valor de la elasticidad cruzada es negativo porque al consumir conjuntamente dos productos el incremento en el precio del bien X tiene como consecuencia una disminución en el consumo del bien Y.
- Bienes independientes. El valor de la elasticidad cruzada es cero, ya que cambio en el precio de otro bien no afecta la demanda particular de X.

### **2.3.- Teoría de la Conducta del Productor, de la Producción y el Costo.-**

La producción puede definirse como una actividad que crea utilidad actual o futura. También puede describirse como un proceso que transforma los factores de producción en productos. Entre esos factores tradicionalmente se incluyen a la tierra, el trabajo y el capital, aunque recientemente se han incluido otros factores como la "iniciativa empresarial, la tecnología, la organización y la energía.

**2.3.1.- Función de producción.-** La función de producción es la relación técnica en la cual se combinan los factores de la producción. Es aquí donde surge el concepto económico de la producción, que es el hecho de tener que combinar recursos escasos (insumos que por sí mismos son escasos) con recursos monetarios que tiene el productor para adquirir dichos insumos, a fin producir y obtener utilidades. En este sentido, la Teoría de la Firma establece instrumental para analizar el comportamiento económico del productor en la toma de decisiones, acerca de cómo asignar sus recursos escasos para maximizar sus beneficios o utilidad.

El objetivo del productor es maximizar sus beneficios, para lo cual enfrenta dos ámbitos de decisión: el de eficiencia técnica, determinada por la relación entre los insumos y la producción, dada una tecnología; y el de eficiencia económica, que se centra en la asignación eficiente de los recursos escasos al mínimo costo.

Así, el productor obtendrá beneficios por la diferencia entre sus ingresos y sus costos totales, incluyendo los de oportunidad, por lo que buscará vender lo más caro posible y producir lo más barato posible.

La función de producción, como ya se mencionó, es la relación insumo-producto, la cual, simplificando a un ámbito con sólo dos factores de producción: capital y trabajo, se puede expresar como:

$$Q_x = f(K, T)$$

en donde: K = capital T = trabajo  
f es una función matemática que lleva implícita la tecnología que determina al proceso productivo.

La función de producción indica cómo variará la producción si se alteran algunos o todos los factores. En la práctica existen numerosos procesos de producción en los que no es posible alterarlos de inmediato, por lo que se han definido como:

- Largo plazo, como el periodo necesario para alterar las cantidades de todos y cada uno de los factores. Un factor cuya cantidad puede alterarse libremente se denomina factor variable. En el largo plazo, todos los factores son variables.
- Corto plazo es, por el contrario, el periodo durante el cual no pueden alterarse uno o más factores. Un factor cuya cantidad no puede alterarse en un determinado tiempo se denomina factor fijo.

En el corto plazo, el capital es fijo una vez que determinamos el tamaño de planta de la empresa, compramos la maquinaria, edificio, tierra, etc. En ese momento se convierte en un factor cuyo valor no puede cambiar. El trabajo, por su parte, es variable. De esta forma, el costo total de la empresa tendrá un componente fijo y uno variable. En este sentido, la decisión del productor en el corto plazo se restringe a cuánto deberá contratar del factor variable para obtener la producción deseada.

Al igual que en el consumo, en la producción se observa la Ley de los Rendimientos Decrecientes, la cual establece que al ir añadiendo unidades adicionales del factor variable, los incrementos en la producción total serán cada vez más pequeños e incluso pueden llegar a ser negativos debido a la saturación en el factor fijo.

Si vamos agregando más ingredientes o más ayudantes, en un principio la producción crece rápidamente; sin embargo llega un momento en que el espacio físico no es suficiente y los utensilios no pueden utilizarse simultáneamente por los ayudantes, lo que ocasionará que algunos de ellos no puedan contribuir a la producción o inclusive se lleguen a estorbar entre ellos.

En este caso, la función producción se expresaría de la siguiente manera:

$$Q_x = f(K_0, T)$$

en donde:  $K_0$  = stock de capital fijo                       $T$  = trabajo

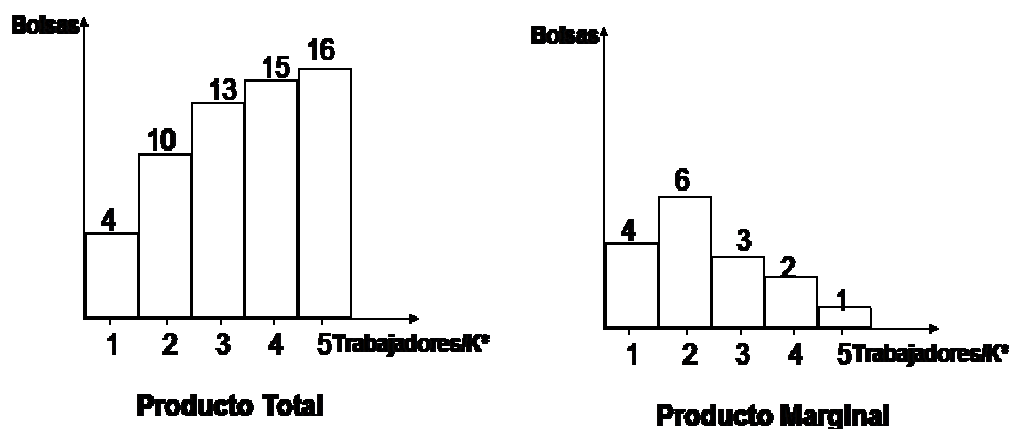
Para incrementar la producción a corto plazo, una empresa tiene que aumentar la cantidad del factor variable y producir una unidad adicional. La restricción tecnológica a corto plazo de la empresa se describe a través de tres curvas que muestran los términos en que se modifica el producto al incrementar el factor variable:

- a) La cantidad total producida es el producto total. La curva del producto total muestra el producto máximo alcanzable con una cantidad dada de capital, conforme varía la cantidad de trabajo empleado.



b) De la función producción, podemos obtener el producto marginal (PMgT), que es el aumento del producto total que resulta de un aumento de una unidad de ese factor de producción, manteniendo constante la cantidad del otro factor. Gráficamente, el producto marginal es la pendiente de la función de producción en cada uno de los puntos.

c) El producto medio representa cuánto produce en promedio cada unidad del factor variable y se determina al dividir la producción total entre el número de trabajadores. Gráficamente, esto equivale a trazar un rayo del origen a cada uno de los puntos de la función de producción.



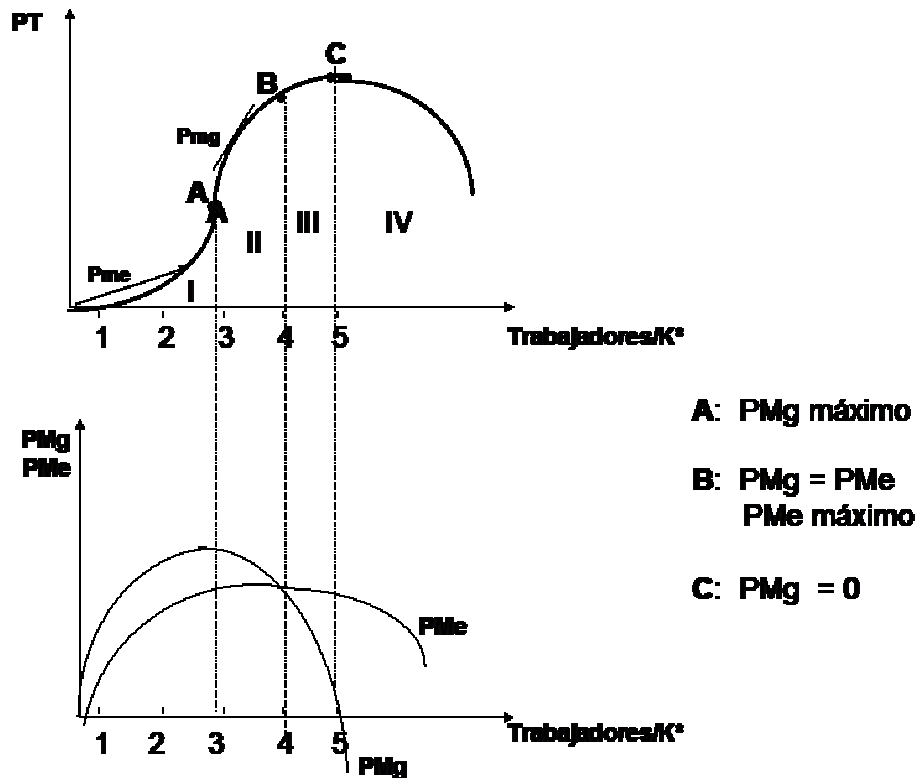
Gráfica 2.12 Producto total y producto marginal

Nótese que existe un punto de la función de producción en el que el rayo es tangente, por lo que es igual a la pendiente, y por lo tanto el  $PMe = PMg$ , Y es cuando el  $PMe$  toma su valor máximo. En la gráfica 2.13 siguiente se presenta la relación entre los tres conceptos y se establecen diferentes áreas de producción.

Se puede dividir esta gráfica en diferentes etapas de la producción. El segmento marcado con el I es la etapa con rendimientos marginales físicos crecientes, ya que se utiliza en forma intensiva el factor fijo. La etapa II es la etapa racional de la producción, que muestra rendimientos marginales decrecientes, pero el producto medio llega a su nivel máximo.

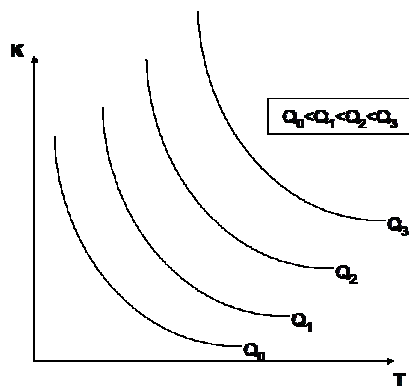
En la etapa III no conviene al productor seguir contratando más factor variable la producción promedio por cada trabajador empezaría a disminuir, se estorbarían. Finalmente, la etapa IV tiene rendimientos marginales negativos, por lo que la producción total empieza a decaer. En el largo plazo, las empresas tienen que decidir las cantidades que utilizarán de cada factor para maximizar su producción.

Casi todos los bienes pueden producirse utilizando diferentes combinaciones de factores, una técnica intensiva en trabajo o una técnica intensiva en capital.



Gráfica 2.13 Etapas de la producción y eficiencia económica

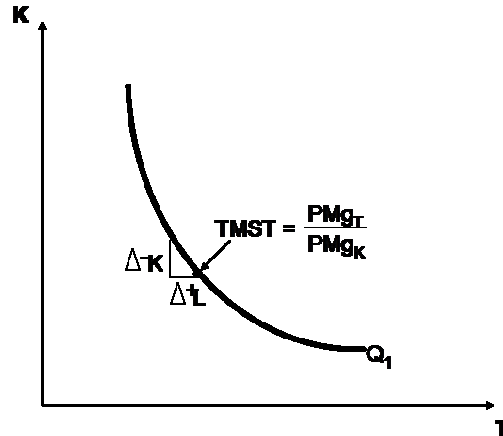
A través de la función de producción es posible obtener una gama técnicamente viable de posibilidades. Así, se pueden construir las curvas que reflejan las combinaciones de insumos que producirían una misma cantidad de producto; a estas curvas se les denomina isocuantas.



Gráfica 2.14 Mapa de isocuantas

Sin embargo, la facilidad con la que los factores capital y trabajo pueden sustituirse entre sí varía de una industria a otra. La tasa marginal de sustitución técnica (TMST) indica la relación que existe entre la disminución de un factor para sustituirlo por una unidad del otro factor, manteniendo inalterada la cantidad producida.

Por lo tanto, la TMST es la pendiente de la isocuanta, la cual es convexa al origen debido a la presencia de rendimientos marginales decrecientes:



Gráfica 2.15 Tasa marginal de sustitución técnica (TMST).

**2.3.2.- Funciones de Costos de Producción.-** Producir cuesta, por lo que la Teoría de los Costos establece la relación entre la cantidad producida y el costo que ello implica. Una vez determinada la producción técnicamente posible y deseable, se obtienen las cantidades de factores que se van a utilizar, con las cuales, conociendo sus precios, es posible construir las funciones de costos:

- Costo total: costo de todos los factores asociados a la producción de un bien:  
 $CT = P_K K + P_T T$
- Costo fijo: es el costo que no varía al incrementarse la producción.  
CF = Renta del local, mantenimiento de maquinaria, etcétera.
- Costo variable: es el que varía en relación con la cantidad producida.  
 $CV = P_i I_i(Q)$

en donde:

$$I_i(Q) = \text{i-ésimo insumo que depende del nivel de producción } Q$$

Los costos medios son los costos por unidad de producto, y son tres:

Costo medio total:  $CMeT = CT/Q$      $CMeT = CMeV + CMeF$

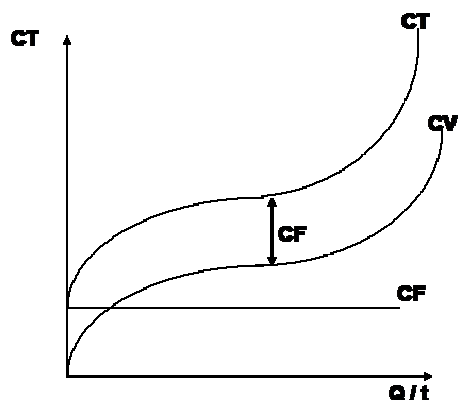
Costo medio variable:  $CMeV = CV/Q$

Costo medio fijo:  $CMeF = CF/Q$

Costo marginal: Es el cambio en el costo total asociado a producir una unidad adicional:

$$CMg = dCT/dQ$$

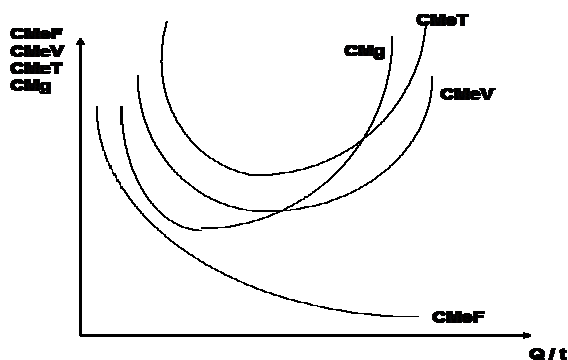
Gráficamente podemos ver que las curvas de costos poseen la siguiente forma:



Gráfica 2.16 Costos de Producción

En la abscisa representamos el nivel de producción mientras que en la ordenada, al origen, se establecen cantidades en pesos para representar los costos. El costo fijo es constante porque no depende del nivel de producción, por lo cual se representa con una línea horizontal. El costo variable es creciente a tasas decrecientes hasta el punto en que se empieza a utilizar intensivamente el factor variable y, por lo tanto, su crecimiento comienza a darse a tasas crecientes. El costo total tiene un comportamiento similar al del costo variable ya que, dada su definición, es la suma del costo variable y el costo fijo; por lo tanto, la distancia vertical entre ambos es el costo fijo.

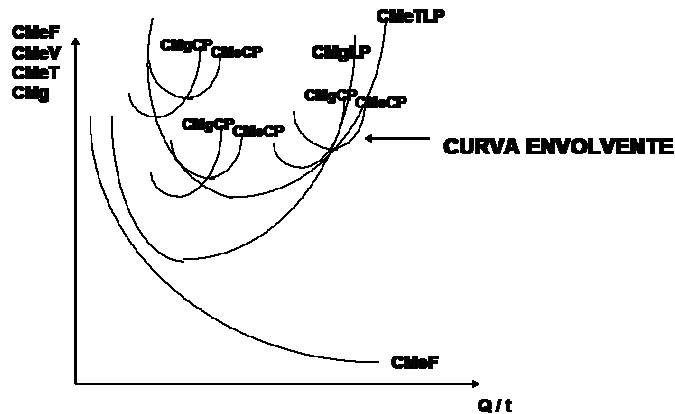
A partir de estos datos y con las definiciones planteadas anteriormente, podemos obtener las demás curvas de costos. El CMeF es decreciente y tiende a cero al dividirse un valor fijo entre un número cada vez más grande de unidades; el CMeV tiene una forma de U, y el CMeT resulta de sumar al CMeV el CMeF, por lo que conforme crece la producción el CMeT se acerca al CMeV; la curva de CMg también tiene forma de U y corta al CMeV y al CMeT en sus puntos mínimos.



Gráfica 2.17 Costos Medios y Marginales en el Corto Plazo.

En el largo plazo todos los factores son variables, por lo que los productores pueden ajustar su escala de planta si eso contribuye a que sean más eficientes. El costo total y el costo medio de largo plazo se calculan, entonces, tomando los costos mínimos correspondientes a cada nivel de producción cuando todos los ajustes, tanto el tamaño de planta como en el empleo, se han realizado.

En este sentido, se dice que la curva de costos de largo plazo es una curva envolvente.



Gráfica 2.18 Costos Medios y Marginales en el Largo Plazo.

Una vez que el productor conoce sus funciones de costos de producción tendrá que determinar cómo producir las cantidades que desea ofrecer en el mercado, utilizando el mapa de isocuantas para encontrar, a través de la línea de isocostos, la combinación de insumos que permita producir una cierta cantidad del bien al mínimo costo.

La línea de isocostos muestra todas las combinaciones de insumos que pueden comprarse a un costo total dado, y su ecuación se obtiene a partir de la función de costo total, de la siguiente forma:

$$CTo = PKK + PTT$$

expresando a K en términos de T:

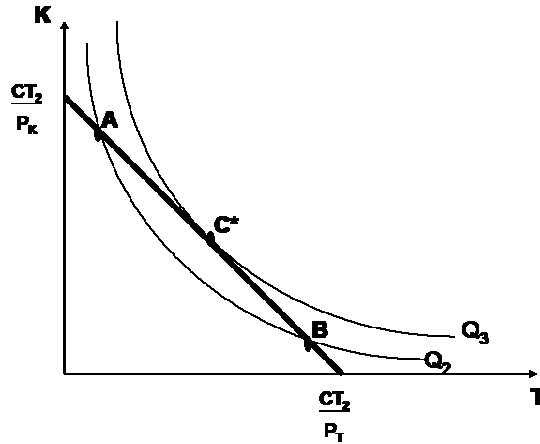
$$K = CTo/PK - (PT / PK)T$$

Como puede observarse, la pendiente de la línea de isocostos es el precio relativo de los factores, por lo que si alguno de éstos varía la pendiente se modifica.

Al conjuntar la eficiencia técnica (a través de las isocuantas) con la eficiencia económica (isocostos), el productor podrá maximizar su producción sujeto a la restricción presupuestal (costo), o bien minimizar sus costos, sujeto a la restricción de un nivel de producción dado.

En el primer caso, en que el productor maximiza la producción dado un nivel de costos dado. Se puede cumplir con ambas condiciones al producir  $Q_2$  dado su nivel de costos  $CT_2$  con las combinaciones A y B de insumos; sin embargo, con el mismo nivel de gasto podría incrementar su producción hasta  $Q_3$  con la combinación C\*. En este punto estaría maximizando su producción dado un nivel de gasto. Por lo tanto, el punto más eficiente técnica y económicamente es aquel en donde la curva de isocostos y la isocuanta son tangentes, es decir:

$$PMgT / PMgK = PT / PK$$



Gráfica 2.19 Eficiencia Técnica y Eficiencia Económica

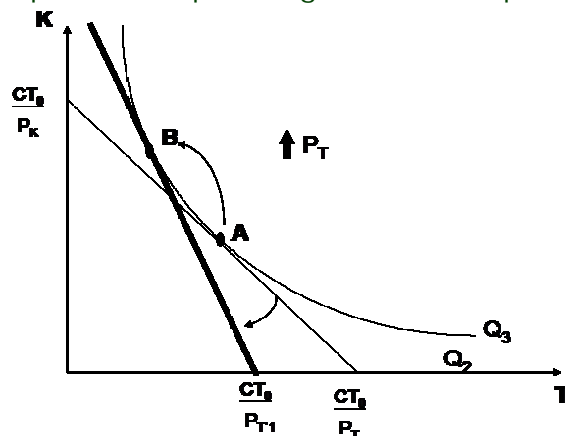
De manera similar, si el productor establece la cantidad máxima a producir, dado su tamaño de planta, por ejemplo  $Q_1$ , buscará minimizar el costo al que puede hacerlo. Recordando que el costo se reduce conforme la línea de isocostos se encuentra más cerca del origen, entonces el productor minimizará los costos para el nivel de producción  $Q_1$ , en el punto de tangencia entre la isocuenta y la isocostos, esto es, cuando:

$$PMgT / PMgK = P_T / P_K$$

Transformando esta expresión:  $PMgT / P_T = PMgK / P_K$

Es decir que el productor utilizará los insumos en la cantidad en la que la productividad marginal por peso gastado se iguale para todos. Esto es similar al caso del consumidor, quien maximiza su utilidad cuando la relación entre utilidad marginal, por peso gastado, es igual para todos los bienes.

Bajo esta perspectiva, un cambio en los precios de los factores de producción lleva a una sustitución de factores. Se usa menos del factor de producción cuyo precio ha aumentado, y más del otro factor para producir un nivel dado de producto. A su vez, al utilizar más el factor capital su productividad marginal disminuye, así todo el cociente  $(PMgK / PK)$  se reduce, tendiendo a igualarse. Este efecto se puede comprobar gráficamente pasando del punto A al B:



Gráfica 2.20 Reasignación de Insumos ante cambios en los Precios.

La magnitud de la sustitución entre factores depende de la tecnología misma; si factores de producción son sustitutos muy cercanos entre sí, las isocuantas son prácticamente líneas rectas y la sustitución será grande. Si los factores de producción no son sustitutos muy cercanos entre sí, las isocuantas tendrán una curvatura leve y cambios muy grandes en los precios de esos factores ocasionarán solamente pequeños efectos de sustitución.

Costo Social de Producción.- A los economistas les interesa principalmente el costo social de producción, o sea el que paga la sociedad cuando los recursos son utilizados para producir un bien dado. Desde el punto de vista social, el objeto de la actividad económica es el lograr la mayor producción posible con los recursos existentes, lo que implica la utilización eficiente y plena de los recursos.

Para balancear el costo relativo de un bien con su deseabilidad social relativa, se requiere conocer las preferencias sociales y el costo social. El costo alternativo o costo de oportunidad de producir una unidad del bien X, es la cantidad del bien Y que se tiene que sacrificar para el efecto, también se le llama costo social.

**2.3.3.- Función de Oferta Individual y de Mercado.-** Una vez que el productor conoce sus funciones de costos de producción, deberá determinar cuánto producir para maximizar sus utilidades o minimizar los costos. Formalmente podemos expresar este objetivo en los términos siguientes:

$$\text{Max } U(Q) = IT(Q) - CT(Q)$$

En donde:

U son las utilidades

IT los ingresos totales y CT los costos totales

La condición necesaria para maximizar es que:

$$\begin{aligned} \delta U / \delta Q &= \delta IT / \delta Q - \delta CT / \delta Q = 0 \\ \delta U / \delta Q &= IMg - CMg = 0 \quad \longrightarrow \quad IMg = CMg \end{aligned}$$

Para determinar las implicaciones de esta condición de maximización, conviene analizar la obtención del ingreso marginal (IMg):

$$IT = P \times Q$$

Éste puede variar por un cambio en la cantidad y/o por un cambio en el precio, por lo que lo podemos expresar como:

$$\nabla IT = P \nabla Q + \nabla P(Q)$$

Por lo tanto, obtenemos que:

$$IMg = \nabla IT / \nabla Q = P(\nabla Q / Q) + (\nabla P / P)Q$$

$$IMg = P(1 + (\nabla P / \nabla Q)Q)$$

$$IMg = P + (\nabla P / \nabla Q)Q$$

Las curvas de  $IMg$  se tienen que igualar con su  $CMg$ . Cuando el mercado es competitivo existe un número relativamente grande de productores, por lo que ninguno de ellos tiene influencia sobre el precio del bien si incrementan o reducen su producción. En esta situación el término  $(\nabla P/\nabla Q)$  es igual a cero y por lo tanto:

$$IMg = P$$

Cuando el mercado no es competitivo existen productores que pueden influir en el precio, por lo que  $(\nabla P/\nabla Q)$  es negativo (por la Ley de la Demanda) y entonces:

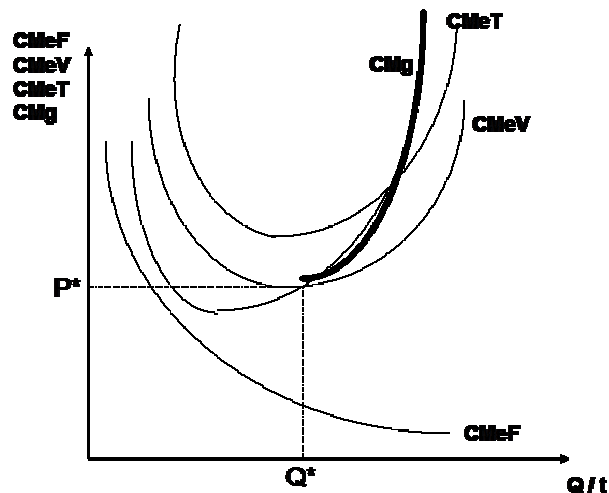
$$IMg < P$$

El productor en competencia perfecta decidirá qué cantidad producir cuando iguale el precio al costo marginal.

En la siguiente gráfica se muestra como el productor tiene un límite, ya que estará dispuesto a ofrecer su producto en el mercado con un precio que le permita cubrir, al menos sus costos fijos, que tiene que pagar incluso si la producción es cero. Conforme aumenta el precio en el mercado, la cantidad ofrecida estará dada por la curva de  $CMg$  y por lo tanto la oferta del productor será su curva de  $CMg$  a partir del mínimo de los costos medios variables.

Cuando el precio se incrementa y alcanza el nivel de  $P^*$  puede cubrir los ingresos mismos que están dados por precio multiplicado por la cantidad, que son iguales a los costos totales ( $CMeT$  multiplicado por la cantidad); por lo tanto, el productor obtiene ganancias normales iguales a cero. Si el precio es superior obtendrá beneficios anormales, mayores a cero.

Para obtener la curva de oferta total (ya no de cada productor), es decir la oferta de un cierto bien en el mercado, tendremos que hacer la suma horizontal de las ofertas individuales.



Gráfica 2.21 Curva de Oferta.



Cada uno de los puntos de la curva de oferta total refleja el costo marginal privado de producir dichas cantidades; si no existen economías o deseconomías externas (externalidades) la curva de oferta reflejará también los costos marginales sociales de la producción.

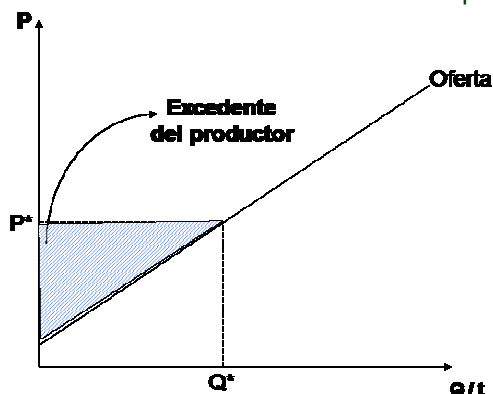
Factores determinantes de la oferta.- Se han trazado las curvas de oferta, manteniendo constantes todos los demás factores que la determinan, diferentes de su precio. Un cambio en cualquiera de estas variables producirá un desplazamiento de la curva de oferta hacia la derecha si se trata de un cambio positivo, o hacia la izquierda, cuando resulta negativo. Estos factores son:

- Los Activos productivos. Cuantos más y mejores activos tenga la empresa mayor será su capacidad para ofrecer diversas cantidades de productos a diferentes precios.
- Tecnología disponible. Es importante que la tecnología con la que cuenta sea flexible, en el sentido de que puedan incorporarse mejoras que permitan incrementar la capacidad de producción sin importar el precio.
- Precios de los factores. Un cambio en los precios de los insumos afecta directamente las funciones de costos de producción, lo que hará desplazarse a la oferta.

Como en el caso de la demanda, un cambio en el precio del bien provocará un cambio en la cantidad ofrecida, en tanto que un cambio en cualesquiera de las demás variables implicará un cambio en la oferta.

**2.3.4.- Excedente del Productor.**- La oferta representa el precio mínimo al que un productor está dispuesto a vender cada unidad. De acuerdo con lo expuesto, la pendiente de la curva de oferta indica que el productor requiere de un precio cada vez mayor por cada unidad adicional que venda; sin embargo, recibe el mismo precio por todas y cada una de las unidades vendidas. Por lo tanto, el excedente del productor es la diferencia entre la cantidad que le pagan por una unidad y lo mínimo que estaría dispuesto a cobrar por producirla.

Al igual que el excedente del consumidor, el del productor es una medida de bienestar del oferente, el excedente del productor comprende el área que se encuentra por encima de la curva de oferta pero debajo del precio de venta:



Gráfica 2.22 Excedente del productor.

### 2.3.5.- Elasticidad de la Oferta

La elasticidad precio de la oferta mide la sensibilidad de la cantidad ofrecida a cambios en el precio, y se define como el cambio porcentual de la cantidad ofrecida entre el cambio porcentual del precio del bien:

$$E_x = \frac{\text{Cambio} \cdot \% \cdot \text{en} \cdot \text{la} \cdot \text{cantidad} \cdot \text{ofrecida} \cdot \text{de} \cdot X}{\text{Cambio} \cdot \% \cdot \text{en} \cdot \text{el} \cdot \text{precio} \cdot \text{de} \cdot X}$$

El valor de la elasticidad siempre será un número positivo, ya que la relación precio cantidad en la curva de oferta es positiva.

La elasticidad precio de la oferta varía de acuerdo con el periodo de análisis considerado. Esta elasticidad en el corto plazo es, por lo general, menor que en el largo plazo, pues el productor tiene menos oportunidades de ajustar su producción ante un cambio en precio de equilibrio del bien. Las condiciones tecnológicas también afectan la elasticidad precio de la oferta de un bien. Cuanto más sencillo sea para un productor adquirir los factores de producción y los insumos intermedios necesarios para transformarlos en el producto final, mayor será la elasticidad de la oferta ya que podrá adaptarse más rápido ante cualquier cambio en el precio.

### 2.4.-Equilibrio Oferta-Demanda del Mercado.-

Se ha observado que la estructura del mercado es un factor determinante en la conducta del productor y del consumidor. La estructura del mercado se refiere a tres características principales que definen la posición tanto de compradores como de vendedores: el número de productores, el número de compradores y las características del producto. En el cuadro siguiente se presentan las principales características que determinan la estructura de mercado:

Número de productores	Características del producto	
	Homogéneo	Diferenciado
Muchos	Competencia perfecta	Competencia imperfecta
Uno	Monopolio puro	
Pocos	Oligopolio	Oligopolio diferenciado

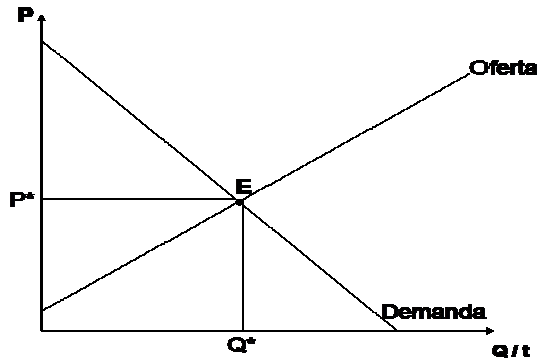
Tabla No 2.1.- Características Estructurales del Mercado

Un mercado perfectamente competitivo presenta las siguientes características:

- Homogeneidad del producto: los productos ofrecidos por todas y cada una de las empresas son idénticos.
- Existe gran número de productores y de consumidores.
- Hay libre entrada y salida al mercado, es decir, cualquier empresa puede participar en el mercado y salir sin restricciones.
- Hay perfecta información en la industria, todos conocen la manera más eficiente de producir y la estructura de costos es igual para todas las empresas.

### 2.4.1.- Equilibrio y Beneficios del Intercambio en el Mercado.-

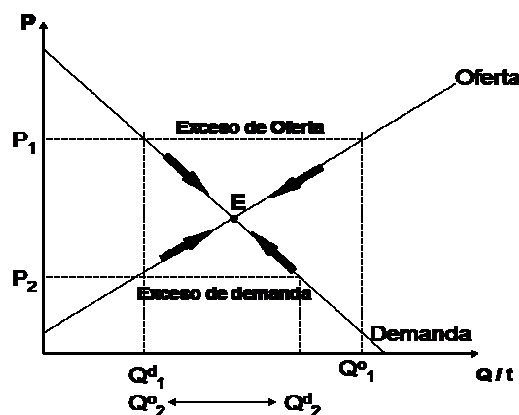
Al interactuar en el mercado tanto compradores como vendedores, mandando señales a través de los precios, se llega a un punto de máximo nivel de satisfacción para ambos. A este punto se le denomina punto de equilibrio (punto E en la gráfica 2.23) y está dado por el cruce entre la Oferta y la Demanda:



Gráfica 2.23 Mercado en equilibrio.

Como se observa en la gráfica 2.24, si el precio fuera distinto al de equilibrio, por ejemplo mayor ( $P_1$ ), entonces los vendedores estarían dispuestos a ofrecer  $Q_1^o$  unidades, mientras que los consumidores sólo comprarían  $Q_1^d$ , por lo que empezarían a acumular inventarios, obligándolos a reducir el precio para colocar el bien en el mercado. Esta diferencia entre lo que los consumidores desean adquirir y la cantidad ofrecida en el mercado se llama exceso de oferta.

Por otra parte, si el precio fuera menor al de equilibrio ( $P_2$ ), la cantidad demandada ( $Q_2^d$ ) superaría a la cantidad que los productores estarían dispuestos a ofrecer al precio vigente ( $P_2$ ) generándose un exceso de demanda, lo que reflejaría una escasez relativa y una presión para elevar el precio.



Gráfica 2.24 Mercado en desequilibrio.

Al precio de equilibrio no hay exceso de demanda ni de oferta y el beneficio para el consumidor de la última unidad producida es exactamente igual al costo para el productor de ésta (costo marginal).

De las características de un mercado en competencia perfecta podemos afirmar que los productores son aceptantes del precio, ya que si una de ellas entra al mercado con un precio más alto que el de equilibrio, no venderá pues el consumidor puede obtener el mismo bien a un precio menor con su competencia; por el contrario, el productor no tiene incentivos para cobrar un precio menor al de equilibrio porque como su participación en el mercado es pequeña, puede vender cualquier cantidad deseada al precio fijado por el mercado, y de hacerlo a menor precio, incurriría en pérdidas.

Como resultado de lo anterior, en el ámbito individual cada productor enfrenta una curva de demanda perfectamente elástica (línea horizontal), ya que una empresa por sí misma no puede alterar el precio de equilibrio del mercado.

La sociedad en su conjunto se beneficia por el intercambio entre consumidores y productores. La demanda, al representar las preferencias de las personas en forma individual, refleja el beneficio para la sociedad de consumir un bien (beneficio marginal social, BMgS), mientras que la oferta refleja el costo en el que incurre por producirlo (costo marginal social, CMgS).

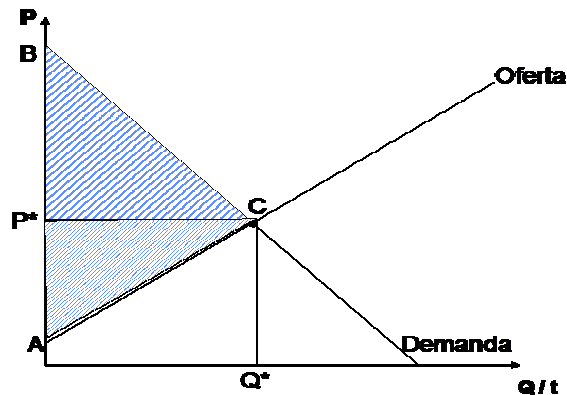
De acuerdo con los conceptos revisados anteriormente, la sociedad obtiene una ganancia dada por el triángulo ABC, ya que el consumir  $Q^*$  unidades tiene un valor para la sociedad de  $CBAQ^*$  (el área por debajo de la curva de beneficio marginal social), mientras que el costo en el que incurrió al asignar recursos a la producción fue de  $CAQ^*$  (el área por debajo de la curva de costo marginal social).

De aquí se deriva que si la sociedad produce una unidad adicional de este bien, el costo marginal social será superior al beneficio marginal social, o sea una situación de pérdida neta social. Asimismo, si se produce una unidad menos, el costo marginal social será inferior al beneficio marginal social, lo que también es una situación de pérdida social neta; es decir, a la sociedad le conviene avanzar hasta que ambas curvas se crucen.

Los beneficios que la sociedad obtiene con este intercambio se "reparte" entre consumidores y productores en términos de sus excedentes, como se muestra en la gráfica 2.25 siguiente:

El equilibrio en los mercados, es un óptimo social que maximiza el bienestar, pues cualquier reasignación podrá mejorar la situación de una o más personas, pero siempre empeorando la de otras personas; es decir, con cualquier cantidad y precio diferentes a los de equilibrio no es posible optimizar el bienestar de la sociedad.

Por lo tanto sólo el equilibrio competitivo provoca una eficiente asignación de los recursos. Sin embargo, el mercado en la vida real se parece poco al ideal del modelo: tiene imperfecciones.



Gráfica 2.25 Beneficios del intercambio.

Aun en competencia perfecta, existen circunstancias en las que la demanda no refleja el beneficio que obtiene la sociedad por consumir un bien; tal es el caso de la educación, que si bien beneficia a los alumnos en forma directa, genera un beneficio adicional para la sociedad, ya que un buen nivel educativo es más propicio para el progreso y facilita la solución de los conflictos.

También la oferta puede no reflejar los costos en los que incurre la sociedad al utilizar los recursos, un ejemplo es el de la industria que produce residuos que son dañinos para el medio ambiente.

En esos casos los beneficios y costos privados difieren de los sociales, motivo por el que si no se incorporan los factores de corrección económicos, las curvas de oferta y demanda establecen "precios mentirosos" que no reflejan el verdadero costo de oportunidad para la sociedad, lo que provocará asignaciones ineficientes de los recursos, alejándose del óptimo social.

En las situaciones anteriores ocurre que en realidad existe una diferencia entre las curvas de costo marginal privado y costo marginal social, así como entre las de beneficio marginal privado y beneficio marginal social.

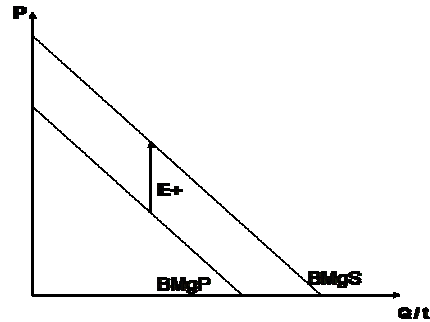
En el caso de la industria contaminadora, la curva del costo marginal social está por encima de la del costo marginal privado. En el caso de la educación, el beneficio marginal social se encuentra por encima del beneficio marginal social. No obstante, puede darse el caso que las curvas difieran de forma inversa.

**2.4.2.- Externalidades en el Consumo y en la Producción.-** Una de las circunstancias en las que los beneficios sociales difieren de los privados es cuando se presentan externalidades en el consumo, mismas que surgen cuando la actividad de una persona repercute sobre el bienestar de otra sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido.

Existen externalidades negativas (deseconomías) y positivas (economías externas): como ejemplo el de un jardín cuidado, ya que si un vecino así lo mantiene, genera una externalidad positiva, y hace agradable todo el entorno.

Lo importante, en este sentido, es que quien genera una externalidad negativa no tiene que pagar por ello en un sistema de mercado, a pesar del perjuicio que causa; y tampoco quien produce una externalidad positiva es recompensado monetariamente. El problema es que el sistema de mercado, por sí solo, puede producir demasiadas externalidades negativas, y menos positivas que las deseables.

Gráficamente, una externalidad positiva se refleja en que la curva de beneficio marginal social se encuentra a la derecha de la de beneficio marginal privado, como se muestra a continuación.

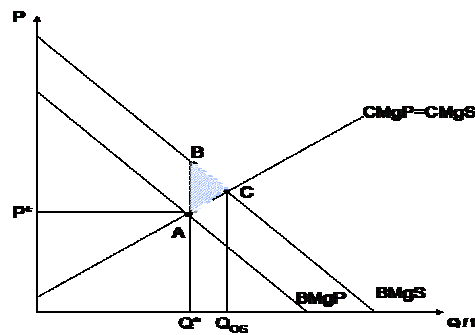


Gráfica 2.26 Externalidad positiva en el consumo.

Cuando la externalidad es negativa (es decir, que otra persona diferente al comprador recibe una molestia o perjuicio por el consumo del bien) la curva de beneficio marginal social se sitúa a la izquierda de la privada. Un ejemplo para este tipo de externalidades es el cigarro, el cual provoca un gusto aparente para quien lo fuma y un perjuicio a la salud de quienes lo rodean.

El problema de la presencia de externalidades es que, dado que las curvas de beneficio privadas no incluyen los costos o beneficios para la sociedad, la asignación de recursos no es eficiente ya que la determinan los privados de acuerdo con la información de que disponen.

La discrepancia entre la asignación privada y la socialmente óptima genera una pérdida para la sociedad, la cual está dada por el área sombreada en el ejemplo de la siguiente gráfica.



Gráfica 2.27 Equilibrio con Externalidad positiva en el consumo.

En este caso se presenta una externalidad positiva en el consumo. La cantidad intercambiada en el mercado es  $Q^*$  al precio  $P^*$ , pero si los consumidores percibieran la presencia de la externalidad positiva, el nivel de intercambio se incrementaría a  $Q_0$ .

Esto significaría que la sociedad se está privando de consumir  $Q_0 - Q^*$ , que le aportaría un beneficio equivalente al área debajo de la curva, equivalente al trapecio  $Q^*ABCQ_0$ ; para ello, tendría que incurrir en los costos determinados por el área debajo de la curva de costo marginal social,  $Q^*ACQ_0$ .

Por tanto, si la cantidad intercambiada aumentara de  $Q^*$  a  $Q_0$ , la sociedad obtendría un beneficio por el triángulo  $ABC$ . Es decir, el hecho de que exista la externalidad provoca que la asignación de recursos sea  $Q^*$  en lugar de  $Q_0$ , por lo que se genera un costo social conformado por el triángulo  $ABC$ .

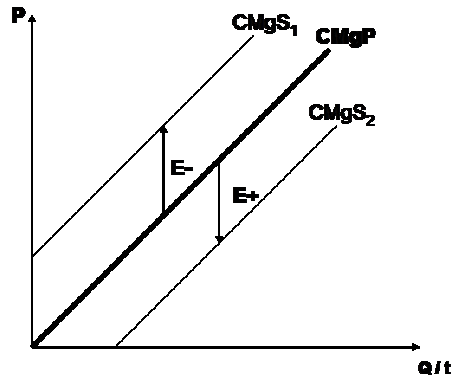
Normalmente esta situación de asignación deficiente de recursos ocurre en casos de bienes denominados "básicos", como la educación, la salud, la alimentación, el consumo de agua potable y la vivienda.

Paradójicamente, el gobierno baja artificialmente los precios buscando un mayor beneficio marginal social, intentando un mayor consumo de los bienes básicos por parte de los más pobres, no obstante lo que genera es una pérdida social cuya afectación es mayor en ese sector de la población, debido a la mala calidad al hacer deficitario el suministro.

Al igual que en el consumo, existen externalidades en la producción que se presentan cuando la actividad de una persona o empresa repercute en la función de producción de otra sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido.

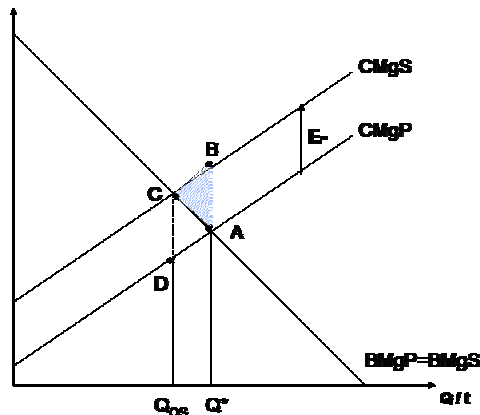
Por ejemplo, un campo de cultivo puede ser receptor de una externalidad positiva si una empresa río arriba arroja al caudal sustancias que benefician la productividad de los cultivos. Las actividades de la empresa no perciben este beneficio, por lo que su función de oferta (costo marginal privado) no lo incorpora en el costo de los recursos. En este caso, la curva de  $CMgS$  estaría a la derecha de la privada. Es decir, a un mismo precio la sociedad estaría dispuesta a producir unidades adicionales del bien.

El caso contrario se daría si la empresa arroja sustancias que dañan a los cultivos, generando un costo adicional en la producción agrícola al tener que buscar fuentes alternativas de riego o al someter el agua del río a algún proceso que la libere de dichas sustancias. En este caso, la curva de  $CMgS$  estaría a la izquierda de la privada, indicando un costo social mayor que el privado.



Gráfica 2.28 Externalidades positiva y negativa en la producción.

En estas situaciones, las decisiones entre consumidores y productores se daría con base en la información privada que poseen, y el equilibrio se encontraría cuando se cruzan las curvas de oferta y demanda en el punto A, con una cantidad producida y consumida igual a  $Q^*$  en tanto que el óptimo social se daría en el punto C, con una cantidad inferior, igual a  $Q_{os}$  (ver gráfica 2.29)



Gráfica 2.29 Equilibrio con externalidad negativa en la producción.

Distorsiones del mercado.- Cuando se considera que el precio y la cantidad resultantes de la libre interacción de la oferta y la demanda en un mercado no satisfacen plenamente las necesidades de la sociedad, los gobiernos generalmente consideran necesario intervenir en dicho mercado a través de diversos instrumentos (precios máximos y mínimos, impuestos y subsidios, etc.).

En ocasiones, tal interacción no es tan "libre" como se quisiera debido a que pueden existir consumidores o productores tan poderosos que impongan condiciones ventajosas, ya sea en precios o en cantidades, que constituyan pérdidas sociales.

Es decir, las distorsiones en los mercados pueden provenir de la "libre" interacción de agentes que tienen diferente fuerza, o bien, ser resultado de la acción misma del gobierno.



### 2.4.3.- Concepto de Pérdida Neta Social.-

**Precio máximo.-** Es un precio que las autoridades fijan por debajo del precio de equilibrio, a fin de lograr que el consumidor pague un precio menor por el bien, haciéndolo de esta forma más accesible al público. Generalmente se impone a bienes considerados "necesarios" o de la "canasta básica", como por ejemplo la leche, que es esencial para el crecimiento y desarrollo de los niños; también se ha establecido un precio máximo a la tortilla ya que se considera como básica en la dieta de la población.

Si bien las intenciones del gobierno tienen como propósito beneficiar a la población, la imposición de un precio diferente al de equilibrio, determinado por oferentes y demandantes, distorsiona el mercado y por lo tanto afecta las decisiones y provoca asignaciones ineficientes de recursos.

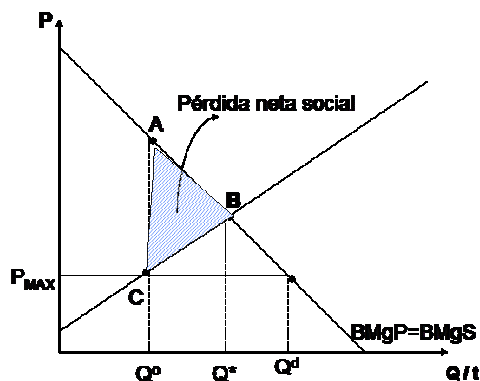
Gráficamente podemos analizar lo que sucede en el mercado de un bien al imponer un precio máximo. La cantidad demandada a un precio menor que el de equilibrio es mayor que la cantidad demandada cuando el precio vigente es el de equilibrio. Por su lado, los productores están dispuestos a ofrecer menos producto, dado que su precio se ha reducido. Entonces se genera un exceso de demanda. Si se dejara libremente a los compradores y vendedores, el exceso de demanda se eliminaría incrementando el costo hasta llegar al precio y a la cantidad de equilibrio en donde ambos estarían de acuerdo al realizar el intercambio.

Como no es posible cambiar el precio, los consumidores tienen que incurrir en costos adicionales que hacen que éste se incremente. Si se hace respetar el precio máximo, entonces la escasez ocasiona que los consumidores de estos productos tengan que hacer largas filas, asignando tiempo para ello, lo cual tiene un costo de oportunidad.

Por otra parte, si el gobierno no cuenta con capacidad para fiscalizar cada uno de los establecimientos que venden dichos productos, surge el mercado negro en el que, dada la cantidad limitada de esos productos, el precio se incrementa hasta la máxima disposición a pagar por parte de los consumidores con tal de obtenerlos. Este precio se conoce como precio de mercado negro.

Es claro que el objetivo del gobierno de establecer el precio máximo sólo se cumple parcialmente, ya que la cantidad de consumidores que puede obtener el bien es menor a la cantidad de quienes lo consumían antes de imponer el precio máximo. Gráficamente podemos observar los efectos en el bienestar:

En la situación sin precio máximo la cantidad intercambiada del bien es  $Q^*$ . Una vez que se establece la medida, la cantidad demandada a ese precio es  $Q^d$  y la ofrecida es  $Q^o$ , siendo ésta la que efectivamente se intercambia en el mercado.

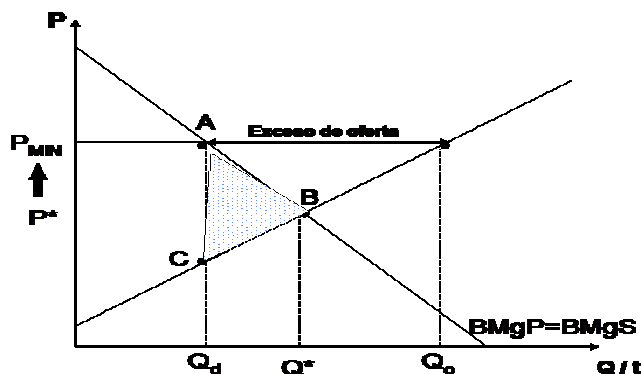


Gráfica 2.30 Efectos en bienestar de un Precio Máximo.

Por lo tanto, el consumo se redujo en  $(Q^* - Q^0)$ , lo que implicó un ahorro de recursos por el área  $Q^0CBQ^*$  al no tener que producir esas unidades; pero, por otra parte, al dejar de consumirlas dejó de obtener un beneficio de  $Q^0ABQ^*$ , generando una pérdida neta de  $ABC$ .

**Precio mínimo.**- Es un precio que se fija artificialmente por encima del precio de equilibrio del mercado con la idea de proteger a los productores u oferentes de un bien o servicio, de las fluctuaciones en el precio de su producto y garantizar, de esta manera, un mínimo nivel de ingreso. Un ejemplo son los precios de garantía de los productos agrícolas.

Al igual que en el caso del precio máximo, la imposición del precio fuera del mercado provoca distorsiones que se cristalizan en una mala asignación de recursos. En el caso del precio mínimo se genera un exceso de oferta en el mercado debido a que el precio es superior al de equilibrio (gráfica 2.31), por lo que los productores incrementan la cantidad ofrecida a  $Q^0$ , mientras que los consumidores restringen su cantidad demandada en el mercado a  $Q^d$ . En esta situación sólo es posible consumir  $Q^d$ , y por lo tanto la cantidad intercambiada en el mercado se reduce en  $Q^* - Q^d$ . Dejar de consumir estas unidades implica un sacrificio equivalente al área  $Q^dABQ^*$ , que comparada con el ahorro de recursos de  $Q^dCBQ^*$ , significa una pérdida neta por el triángulo  $ABC$ .



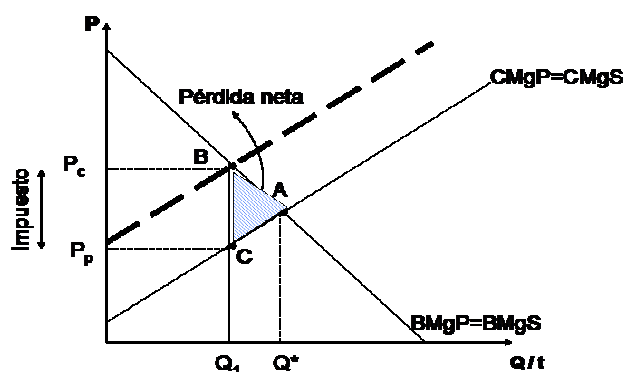
Gráfica 2.31 Efectos de un Precio Mínimo

En esta circunstancia, dado que hay exceso de oferta del bien, es posible obtener algunas de esas unidades a menor precio, pero de manera ilegal. En el caso de los bienes esto es una competencia desleal entre productores.

Si bien la intención de establecer un precio mínimo puede ser la de proteger a los productores, el resultado final es una ineficiente asignación de recursos. En general, la política económica de nuestro país desde hace algunos años ha sido la de ir eliminando tanto los precios mínimos como los máximos.

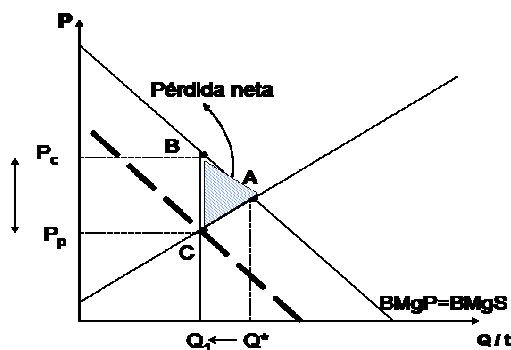
**Impuestos.-** Un impuesto específico es una medida que el gobierno utiliza con el fin de recabar fondos para financiar sus actividades o para afectar los patrones de consumo de la población y la asignación de los recursos de la economía.

El gobierno introduce un impuesto específico cuando recauda una cantidad de dinero por unidad consumida o producida de un determinado bien. El impuesto se puede aplicar a la producción o al consumo. En el primer caso, la aplicación se refleja gráficamente desplazando la curva de oferta hacia la izquierda en forma tal que la distancia vertical entre el cruce entre la "nueva" curva con la demanda y la curva de oferta original es el monto del impuesto (gráfica 2.32).

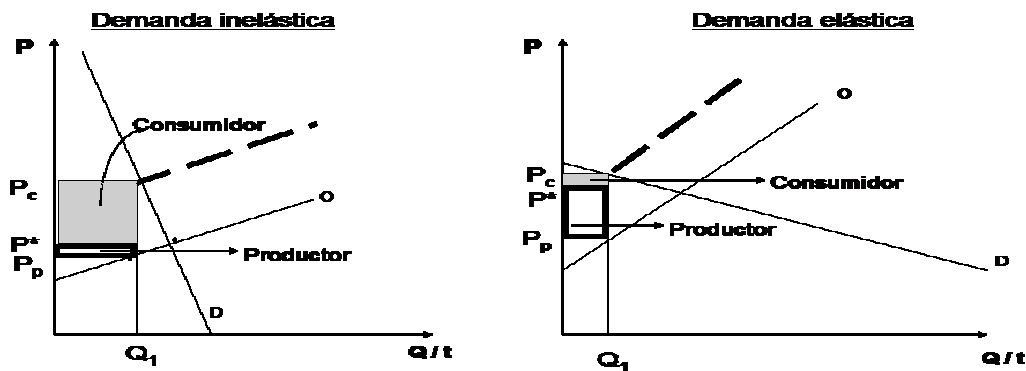


Gráfica 2.32 Efectos de los Impuesto a la producción.

La intersección entre la nueva curva de oferta y la demanda determina el precio que pagará el consumidor ( $P_c$ ) y con ello la cantidad ( $Q_1$ ) con impuesto que se intercambiará en el mercado. Por vender  $Q_1$  unidades, el productor recibirá el precio  $P_p$  que es el que paga el consumidor ( $P_c$ ) menos el impuesto. Así la sociedad enfrenta una pérdida neta al reducir su consumo, otorgándole un valor mayor que el costo de producirlo, por lo que se pierde el triángulo ABC.



Gráfica 2.33 Incidencia de un Impuesto



Gráfica 2.34 Incidencia de un Impuesto según sus Elasticidades

El monto recaudado por el gobierno será de  $Q_1$  multiplicado por monto del impuesto, que está representado por el rectángulo  $P_p P_c A B$ . Este monto se considera una transferencia, ya que implica el paso de recursos de unos miembros de la sociedad (compradores y productores) a otros, representados por el gobierno, por lo que el bienestar de la sociedad en su conjunto no se ve alterado.

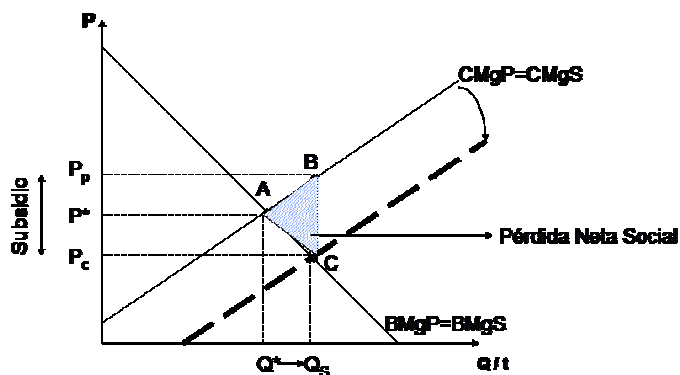
Sin embargo la diferencia entre  $P_c$  y el precio de equilibrio previo a la introducción del impuesto,  $P^*$ , es la fracción del impuesto que recae en el consumidor, en tanto que la diferencia entre  $P_p$  y  $P^*$  es la fracción del gravamen que paga el productor.

La división del impuesto entre el consumidor y el productor dependerá de la elasticidad de las curvas de demanda y de oferta. Mientras más elástica sea la curva de demanda con relación a la elasticidad de la curva de oferta, la fracción del impuesto pagado por el productor será mayor. Esto se debe a que cuando el productor intenta trasladar el total del impuesto al consumidor incrementando el precio, éste reacciona reduciendo significativamente la cantidad a comprar, estableciéndose en este caso un precio al consumidor muy cercano al de equilibrio. Por el contrario, cuando la demanda es completamente inelástica el productor tiene éxito al trasladar el impuesto al consumidor.

La magnitud del cambio en la cantidad intercambiada también dependerá de la elasticidad de la oferta y de la demanda. La reducción en la cantidad es mayor mientras mayor sea la sensibilidad de la demanda o de la oferta a cambios en el precio; por el contrario, la cantidad intercambiada no se altera cuando se introduce un impuesto en un mercado cuya demanda es inelástica.

Por lo que un impuesto en un mercado en el que la oferta y la demanda no son perfectamente inelásticas, distorsiona el mercado y genera una pérdida neta para la sociedad. Lo anterior se debe a que con el impuesto el consumo se reduce y, si bien es cierto que el gobierno recauda el impuesto, esta ganancia será menor que la suma de las pérdidas del consumidor y del productor.

Cuando se establece un subsidio, el gobierno otorga una cantidad por unidad consumida o producida de un bien determinado. Cuando se otorga, por ejemplo al productor, se refleja gráficamente desplazando la curva de oferta hacia la derecha, en forma tal que la distancia vertical entre la "nueva" curva con la oferta original es el monto del subsidio, pues para que el productor esté dispuesto a vender la cantidad  $Q_s$  bastará con que el consumidor pague  $P_c$  y obtenga  $S$  como subsidio del gobierno, para que reciba  $P_p$  por esas unidades.



Gráfica 2.35 Efectos de un Subsidio a la producción.

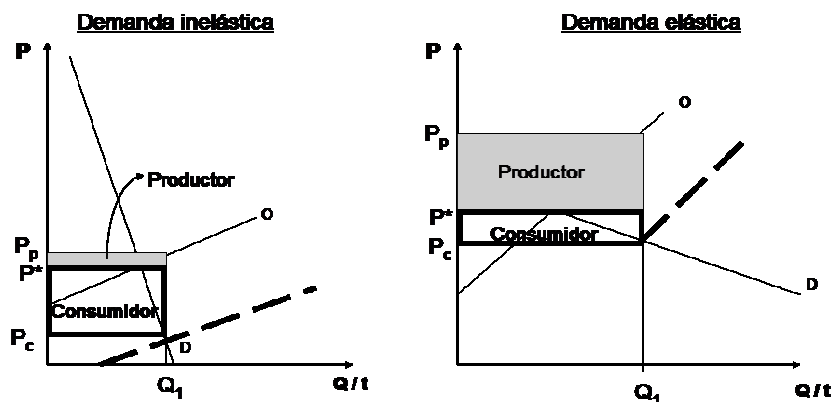
Para la sociedad el consumo se incrementó de  $Q^*$  a  $Q_s$ , lo que implica un beneficio equivalente al área debajo de la curva de beneficio marginal social,  $Q^*ACQ_s$ ; por su parte, incrementar la producción en ese número de unidades implicó un costo igual al área  $Q^*ABQ_s$ . Por lo tanto se generó una pérdida neta por el triángulo ABC.

La diferencia entre  $P_p$  y  $P^*$  es la fracción del subsidio que efectivamente recibe el productor, mientras que la diferencia entre  $P_c$  y  $P^*$  es la fracción del subsidio que recibe el consumidor. La incidencia del subsidio entre el consumidor y el productor dependerá nuevamente de la elasticidad de cada curva, de la oferta y de la demanda. Mientras más elástica sea la curva, el subsidio incidirá más significativamente sobre el otro agente; es decir, si la demanda es muy elástica la cantidad se incrementará en forma importante incluso si el precio disminuye muy poco, con lo cual el productor se apropiará de la mayor parte del subsidio. Por el contrario, mientras más inelástica sea la demanda será el consumidor quien se apropie de la mayor parte.

La magnitud del cambio también dependerá de las elasticidades: mientras mayor sea ésta, las cantidades se ajustarán más drásticamente y por lo tanto habrá un mayor costo neto, en cuyo caso el desembolso del gobierno será mayor que la suma de los incrementos en los excedentes de los consumidores y de los productores. Esto se debe a que la cantidad intercambiada aumenta e implica una reasignación de recursos productivos hacia el mercado subsidiado.

Pero esta reasignación no es eficiente porque se producen unidades adicionales de un bien que los consumidores valoran menos de lo que cuesta producirlas, por lo que antes del subsidio no se producían.

Por el contrario, mientras menos elásticas, incluso en el caso de una demanda perfectamente inelástica, las cantidades permanecen constantes, con lo que sólo se observa una transferencia del gobierno a los productores y se mantiene el bienestar de la sociedad. Este análisis también se aplica al caso de un subsidio al consumo, obteniéndose los mismos resultados.



Gráfica 2.36 Incidencia de un Subsidio y Elasticidades

Se puede concluir que la introducción de distorsiones como precios mínimos y máximos, o impuestos y subsidios en mercados que se encuentran en equilibrio, provoca asignaciones de recursos ineficientes que generan pérdidas netas para la sociedad.

**2.4.4.- Monopolio.-** Un mercado monopolístico presenta las siguientes características:

- Hay un solo producto disponible en el mercado y no cuenta con sustitutos.
- Existe un solo productor y muchos consumidores.
- Hay barreras para la entrada de nuevas empresas que desean participar en el mercado.
- La información es imperfecta y sólo la posee la empresa monopolística.

Un monopolio surge por la presencia de barreras a la entrada, que pueden ser de carácter legal como en el caso de la industria petrolera que se reserva para el Estado por considerarla estratégica.

Otros tipos de barrera de entrada se derivan de la tecnología y del tamaño de los mercados, surgiendo lo que se conoce como monopolio natural. En este caso, una sola empresa es capaz de abastecer al mercado a un costo menor, dado que existen rendimientos crecientes de escala; un ejemplo de monopolio natural son los ferrocarriles, donde una vez que se hace la inversión en el tendido de las vías, utilizarlas tendrá un costo promedio cada vez menor mientras más se les use.

Si otra empresa intenta entrar tendrá que incurrir en elevados costos de inversión y en costos unitarios muy altos comparativamente con los de la empresa establecida, por lo que no tendría mercado y quebraría. Otro monopolio natural son los sistemas de agua potable y alcantarillado.

Equilibrio en el monopolio.- Debido a que en el monopolio sólo existe un productor, la demanda que percibe el monopolista es la demanda total, al no contar con sustitutos, tiene pendiente negativa, lo que contrasta con la demanda que percibe el productor en competencia perfecta, que es totalmente elástica.

Una vez que el monopolista fija el precio de venta de su producto, los consumidores deciden la cantidad que están dispuestos a comprar; por lo tanto, un monopolista no puede fijar precio y cantidad simultáneamente. De hecho, en un monopolio no existe oferta porque el productor decide cuánto producir cuando cumpla con la condición de maximización, es decir, cuando iguale el ingreso marginal (IMg) al costo marginal (CMg):

$$IMg = CMg$$

Recordando:

$$IMg = P + (\Delta P / \nabla Q) \times Q$$

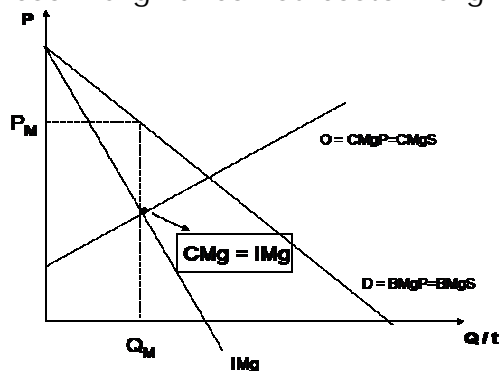
En un mercado competitivo:

$$IMg = P$$

Cuando el mercado no es competitivo, existen productores que pueden influir en el precio, por lo que  $(\Delta P / \nabla Q)$  es negativo (por la Ley de la Demanda), y entonces:

$$IMg < P$$

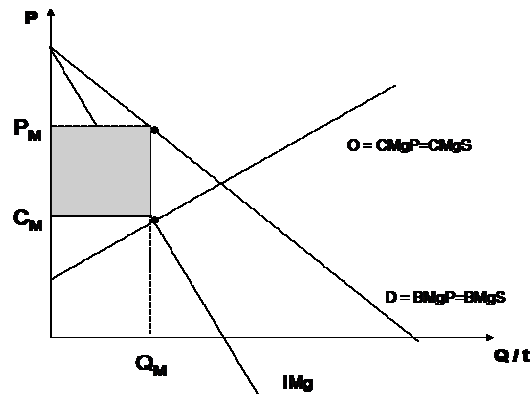
Por lo tanto, a cada nivel de producción el ingreso marginal es menor que el precio. Para determinar el ingreso marginal, el productor, conociendo la demanda y su objetivo de maximizar ganancias, buscará el segmento del IMg por debajo de la curva de demanda hasta que maximice su ingreso total. Esto se presenta cuando la elasticidad de la demanda es unitaria, en el punto medio de la demanda. Más allá de estas unidades el productor no estará dispuesto a vender debido a que su ingreso total caerá. El monopolista tomará la decisión de cuánto producir, al igualar el ingreso marginal con su costo marginal:



Gráfica 2.37 Equilibrio en Monopolio.

Cuando el monopolista determina la cantidad que producirá, el precio estará dado por la demanda, ya que refleja la máxima disposición a pagar por cada cantidad. En este punto obtiene ingresos por un monto equivalente a la cantidad multiplicada por el precio que pagan los consumidores; mientras que sus costos de producción representan la cantidad del bien, multiplicada por el costo marginal de producirla.

Por lo tanto obtiene ganancias anormales por un monto equivalente al rectángulo sombreado en la gráfica siguiente:



Gráfica 2.38 Ganancias anormales en Monopolio

Adicionalmente, el monopolista que conoce bien a sus compradores puede hacer lo que se denomina discriminación de precios, que es la práctica de cobrar a ciertos clientes un precio más alto que a otros por un bien idéntico, o bien cobrar a un cliente específico un precio más alto por una compra pequeña que por una grande.

La discriminación de precios aumenta el beneficio del monopolista al aumentar su ingreso total, cobrando el precio más alto que cada persona está dispuesta a pagar por una unidad del bien, apropiándose del excedente del consumidor; esta discriminación sólo es posible si los grupos de consumidores tienen diferentes elasticidades de la demanda.

Esta es frecuentemente la intención de algunos sistemas de tarificación en los casos de suministro de agua potable o de electricidad, según los niveles de consumo o las zonas residenciales.

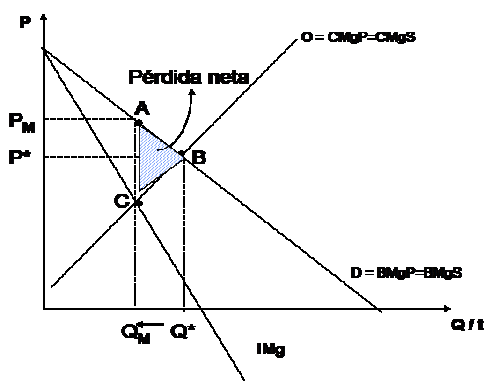
Pérdida neta en el monopolio. La presencia de una estructura de mercado monopólica provoca precios mentirosos en la economía, por lo que la asignación de recursos no es eficiente. En la gráfica que se presenta a continuación vemos que al comparar la asignación en una situación de competencia perfecta, el equilibrio se establecería en intercambiar  $Q^*$  unidades al precio  $P^*$ .

En presencia del monopolio, la cantidad se reduce a  $Q_M$ , mientras que el precio aumenta a  $P_M$ ; es decir, se dejan de consumir  $Q^* - Q_M$  unidades, mismas que eran valoradas por la sociedad en un monto equivalente a  $Q_M ABQ^*$  y cuyo costo de producir era inferior,  $Q_M CBQ^*$ . Por lo tanto el costo de tener un monopolio es el triángulo ABC (pérdida neta):

Para promover que el monopolista produzca al nivel socialmente óptimo, el gobierno puede establecer un subsidio que traslade la curva de costo marginal del monopolista, de tal forma que se produzca la cantidad deseada.



Para promover que el monopolista produzca al nivel socialmente óptimo, el gobierno puede establecer un subsidio que traslade la curva de costo marginal del monopolista, de tal forma que se produzca la cantidad deseada.



Gráfica 2.39 Monopolio versus competencia perfecta

En este caso, dado que existe una distorsión en el mercado, el establecimiento del subsidio corrige dicha distorsión y genera un beneficio para la sociedad igual al triángulo ABC, pero la sola idea de un subsidio a un monopolista puede generar reacciones opuestas.

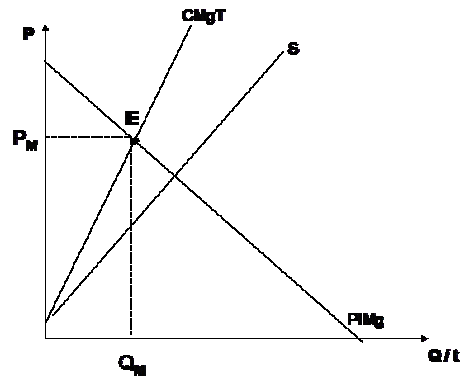
**2.4.5.- Monopsonio.-** Un mercado monopsonico tiene estas características:

- a) Hay varios productos disponibles en el mercado
- b) Existe un solo comprador y muchos productores
- c) Hay barreras para la entrada de nuevas empresas que desean participar en el mercado
- d) La información en la industria es imperfecta.

Un monopsonio surge por la presencia de barreras a la entrada, por ejemplo, el caso de las empresas del Estado que compran cierto tipo de insumos o bienes finales. Un caso así es la empresa que opera el Sistema de Transporte Colectivo Metro en la Ciudad de México, la cual sólo se dedica a operar el sistema pero no construye las partes ni los vagones. En esta situación, dado que es el único operador de este tipo de transporte, también es el único comprador de los vagones del Metro. El monopsonio también puede ser regional.

Con el desarrollo de la producción en gran escala, durante el siglo pasado las grandes plantas manufactureras como las minas de carbón, las fábricas siderúrgicas y textiles, y los fabricantes de automóviles, se convirtieron en el principal empleador de trabajo en algunas regiones; en algunos casos, una sola empresa empleaba a todos los trabajadores disponibles.

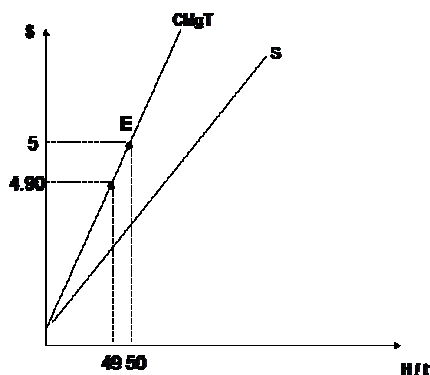
Equilibrio en el monopsonio. La demanda del monopsonista por trabajo es la curva producto-ingreso marginal (PIMg) que indica el ingreso extra de vender la producción obtenida por la última hora de trabajo contratada. La curva S es la oferta de trabajo e indica cuántas horas se ofrecen a cada tasa salarial; o visto de otra manera, cuál es el salario mínimo aceptable por cada hora trabajada.



Gráfica 2.40 Equilibrio en Monopsonio.

Al decidir cuánto trabajo contratará, el monopsonista sabe que para contratar más debe pagar un salario más alto o, en forma equivalente, al contratar menos puede pagar un salario más bajo; tiene en cuenta este hecho cuando calcula el costo marginal del trabajo, mismo que está representado por la curva  $CMgT$ . La relación que existe entre ésta y la curva de oferta de trabajo es que la oferta es como la curva de costo total medio del trabajo, mientras que la de  $CMgT$  muestra el costo adicional de contratar la última hora de trabajo.

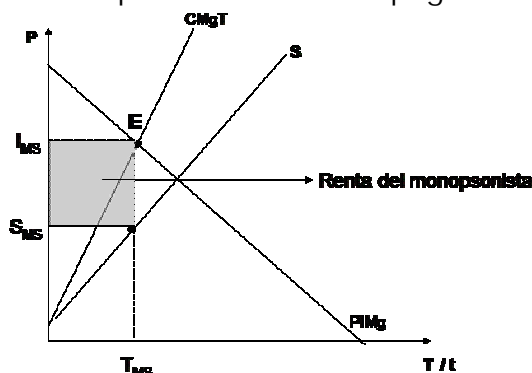
En la gráfica siguiente se ilustra lo explicado con el ejemplo de una empresa que contrata toda la fuerza laboral de una región. Por ejemplo, la empresa puede contratar 50 horas de trabajo a \$5 c/hora; así, su costo total medio es de 5 pesos la hora. El costo total del trabajo es de 250 pesos (\$5 multiplicado por 50 horas); pero cuando la empresa contrata 49 horas (una menos), entonces el salario sería de \$4.90/hora. En este caso el costo total es de \$240.10 (4.90 pesos multiplicado por 49 horas). Comparando este monto con los 250 pesos, obtenemos que contratar la hora 50 de trabajo incrementó el costo en 9.90 pesos. La curva de  $CMgT$  incorpora este efecto.



Gráfica 2.41 Mercado laboral en Monopsonio

El monopsonista decidirá cuánto comprar al cumplir con la condición de maximización, lo que se logra al igualar el producto del ingreso marginal ( $PIMg$ ) con el costo marginal ( $CMg$ ), es decir, cuando el ingreso que obtiene por esa unidad adicional iguala el costo en el que incurre.

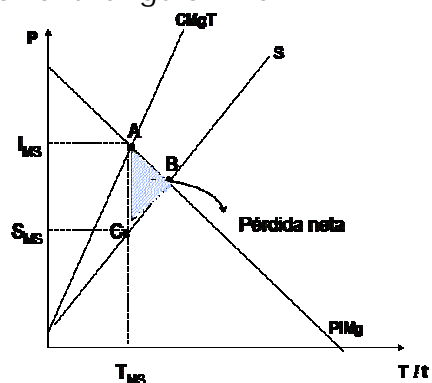
Esto sucede con TMS horas de trabajo, con lo cual obtiene un ingreso adicional de  $I_{MS}$ . Sin embargo, con TMS los oferentes están dispuestos a recibir un salario de  $S_{MS}$ , lo que significa que el monopsonista obtiene una renta por la diferencia entre el ingreso que recibe y el salario que efectivamente paga a los trabajadores.



Gráfica 2.42 Rentas en Monopsonio

Las posibilidades de que el monopsonista obtenga un beneficio económico dependen de la elasticidad de la oferta de trabajo. Cuanto más elástica sea la oferta, menos oportunidad tendrá de obtener un beneficio económico.

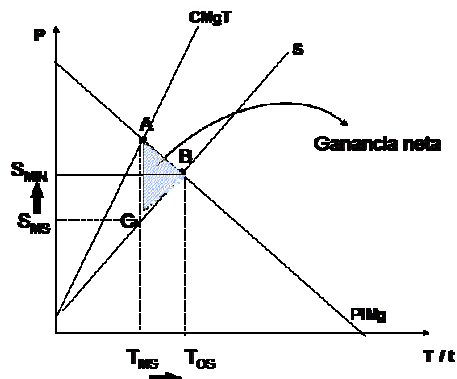
Pérdida social en el monopsonio.- Comparando un mercado monopsonista con un mercado competitivo, en donde la asignación de los recursos es la socialmente óptima, observamos que el nivel de empleo y de salarios es menor, lo que implica una pérdida neta social por el triángulo ABC:



Gráfica 2.43 Pérdida neta en el Monopsonio

En el caso de un mercado laboral con monopsonio, el establecimiento de una regulación como un salario mínimo puede elevar el nivel de empleo, con lo que la asignación podría ser la socialmente óptima y el beneficio de la medida sería el triángulo ABC.

Se puede decir que en el mundo real se presenta una mezcla de diferentes mercados, algunos más o menos competitivos. Lo importante, es tratar de saber hasta qué punto el precio que se paga en el mercado representa realmente un costo social, o si solamente es una transferencia entre dos personas o grupos que tienen diferente poder.



Gráfica 2.44 Salario mínimo en un mercado Monopsónico

En el caso de los organismos de agua potable, que son monopolios naturales por definición, frecuentemente tienden a cobrar una tarifa mucho más alta a ciertos consumidores como hoteles, comercios, e industrias, o a familias asentadas en zonas residenciales. Si bien esto puede ser una práctica adecuada para diferenciar precios y tratar de obtener mayores ingresos que permitan compensar al subsidiar a las familias de menores recursos, en la realidad esto frecuentemente conduce a un desperdicio social.

Esta práctica ha conducido a revertir el sentido social del subsidio, ya que son precisamente los más pobres los que al final pagan las tarifas más altas por agua potable, debido a que pueden no estar incorporados a las redes o recibir un servicio intermitente o tandeado, o bien tienen que complementar su requerimiento de agua mediante la compra de agua embotellada y refrescos de un muy elevado costo.

La tendencia mundial es la globalización de los mercados, o en los casos con mercados cerrados, a que los gobiernos tiendan a simplificar los mercados para reducir estas imperfecciones. Existen también los casos en que los gobiernos tratan de complementar las fuerzas del mercado en áreas donde es prácticamente imposible que los agentes privados alcancen un óptimo social.

**2.4.6.- Bienes Públicos.-** Este tipo de bienes se rigen por las mismas reglas de la economía, pero con ciertas consideraciones particulares: un bien público se diferencia de un bien privado por dos características principales:

- No hay rivalidad en el consumo
- No hay exclusión en el consumo

La primera se refiere a que una unidad de un bien público puede ser consumida por varios simultáneamente, es decir, el consumo que hace una persona no reduce la cantidad disponible para otra. La segunda se refiere al hecho de que cuando un consumidor hace uso de un bien público, no implica que pueda decidir quién lo consume y quién no, debido a que no hay un parámetro que excluya de su consumo a alguien, sólo las necesidades individuales lo determinan. Ejemplo de este tipo de bienes es el alumbrado público, en el que todos los peatones gozan la misma calidad de iluminación.

El consumo de iluminación que hace una persona no reduce la cantidad de luz disponible para otra. Asimismo, ninguna persona puede excluir a otra de recibir iluminación, no se puede evitar que los demás se beneficien del alumbrado.

Existen bienes mixtos que por sus características pueden considerarse como ambos: bien público y privado. Una calle de la ciudad es un bien público puro hasta que se satura; al congestionarse la adición de uno o más usuarios reduce la calidad del servicio disponible para todos y se vuelve un bien privado.

En el caso del servicio de agua potable, al estar al límite de capacidad el sistema, y ampliarse la red a un nuevo fraccionamiento, sin incrementarse las fuentes de abastecimiento, ocasiona que se afecte a toda la población al reducir su dotación, es decir se convierte en un bien escaso.

Debido a las características de los bienes públicos, las personas que no pagan por estos servicios siempre podrán seguir consumiendo la cantidad que deseen; además los que si lo pagan no pueden evitar que alguien que no paga lo consuma.

Dado que los usuarios no tienen incentivos para pagar directamente por un bien público, las empresas privadas que por razón de origen, operan con la finalidad de maximizar sus beneficios, no tienen interés en producir este tipo de bienes, por lo cual, generalmente el gobierno tiene que intervenir para abastecer a la sociedad de los bienes que el mercado no provee.

Aún cuando, no todos los bienes que proporciona el gobierno son públicos, tal es el caso de los servicios de salud y educación. El nivel de "proveedor" de cada Estado varía de acuerdo con los principios y políticas macroeconómicas que adopte. La tendencia mundial actual es reducir la participación gubernamental al máximo posible, para evitar distorsiones.

Demanda por bienes públicos.- En las secciones anteriores vimos que el valor de un bien para un individuo es la cantidad máxima que esa persona está dispuesta a pagar por una unidad más de ese mismo bien. Así, se obtuvo la curva de demanda individual, que refleja la disposición del consumidor a demandar al precio máximo que voluntariamente se paga por la última unidad. De esta manera se puede decir que el valor que una persona otorga a un bien público es la cantidad máxima que está dispuesta a pagar por una unidad adicional del bien.

En este sentido, dado que la demanda refleja el valor que asigna el individuo a cada unidad adicional del bien, el beneficio total que obtiene por consumir una provisión de bien público estará dado por el área por debajo de la demanda. Por su parte, el aumento del beneficio total que se obtiene por incrementar una unidad de escala de provisión del bien público se llama beneficio marginal.

En el caso de los bienes públicos, al igual que en el de los privados, conforme se incrementa el consumo disminuye la disposición a pagar.

Para cada individuo, la curva de beneficio marginal de un bien público es similar a la curva de demanda de un bien privado. Pero la demanda de mercado de un bien público difiere de la de un bien privado, pues para obtener ésta sumamos las cantidades que demanda cada individuo a cada precio, mientras que para encontrar la curva de demanda del mercado de un bien público sumamos el beneficio marginal de cada individuo en cada cantidad de provisión.

En otras palabras, la demanda de mercado de un bien privado es la suma horizontal de las demandas individuales, y la de un bien público es la suma vertical de las curvas de beneficio marginal individuales.

En la práctica, sin embargo, existen grandes problemas para obtener la curva de demanda de los bienes públicos. Esto se debe a que, dada la naturaleza de los bienes, no hay incentivos a pagar y por lo tanto aun cuando existe un beneficio real por consumirlos, no existe un mecanismo que permita revelar (a través de las compras del bien) la disposición a pagar por parte de los consumidores. De esta forma el gobierno es capaz de proporcionar cualquier bien público en una escala mayor que un productor privado, pero no necesariamente produce una cantidad socialmente óptima.

Para la determinación de la provisión de bienes y servicios públicos es necesario tomar en cuenta tres actores: los consumidores, los políticos y los servidores públicos. Los consumidores hacen valer su aprobación o inconformidad a través de los votos; los políticos buscan con las elecciones públicas el poder para gobernar y los servidores públicos realizan la operación y administración de los servicios, conforme a los lineamientos que les determinan los políticos.

El objetivo de los políticos es ganar los votos suficientes para ser electos y tener el poder, para lo que tratan de atraer a los grupos más representativos de la sociedad. Los servidores públicos buscan maximizar el presupuesto de las dependencias. Si los votantes están bien informados, los políticos no podrán recaudar impuestos que permitan a los servidores públicos ejercer presupuestos superiores a los que maximizan su beneficio neto. Pero si los votantes no cuentan con información suficiente, la votación puede tener como resultado el apoyo de una política altamente impositiva que sostenga un nivel de provisión de bienes públicos superior al que maximiza el beneficio neto.

El problema con los recursos comunes es que la ausencia de una regulación con respecto a su utilización representa un riesgo de agotamiento o desaparición. El medio ambiente, por ser un bien común, carece de un mercado en el que se intercambie y por lo tanto también carece de precio. El sistema de mercado no proporciona ninguna indicación de su valor, lo que ocasiona que sea considerado gratuito, que su uso o consumo no tenga ningún costo y que se sobreexplota.

En este sentido, la teoría económica busca explicar el problema de la degradación del medio ambiente como un caso de las fallas del mercado. Sin embargo la investigación ha evolucionado y ha concluido que la degradación del medio, más que una falla del mercado, es una falla en la organización social que delega la solución de estos problemas a los agentes que no tienen capacidad para hacerlo.

Al respecto conviene aclarar que aún cuando el medio ambiente no tiene mercado ni precio, tiene valor para la sociedad. Para esos recursos naturales, R. H. Coase formuló su Teorema "Muchos recursos naturales y bienes ambientales carecen de precio porque alrededor de ellos no se ha formado espontáneamente un mercado en el que sean objeto de transacción y se reconozcan los derechos de propiedad".

Los derechos de propiedad son acuerdos sociales que rigen la pertenencia, uso y traspaso de la propiedad. Sin este tipo de derechos la gente no respetaría los bienes ajenos y podría tomar posesión de todo aquello que su fuerza le permitiera (ley de la selva y ley del más fuerte).

La idea que aportó Coase<sup>1</sup> a este problema fue descubrir la naturaleza recíproca del asunto; al precisar la visión que se tenía de las externalidades, se creó una tradición jurídica con la cual se puede negociar sin incurrir en costo alguno, con lo cual se obtiene el resultado más eficiente.

Enunciado del Teorema de Coase: Cuando las partes afectadas por las externalidades pueden negociar sin incurrir en costo alguno, el resultado es eficiente independientemente de quién sea jurídicamente responsable.

Este teorema fue objeto de controversia porque muchos pensaron que afirmaba que el Estado no desempeña un papel real en la resolución de los problemas relacionados con las externalidades, parecía decir que si el Estado se abstenía de intervenir, los individuos siempre hallarían por su cuenta una solución eficiente. Lo que Coase en realidad afirmaba era que esta conclusión sólo era válida en un entorno en el que las partes pudieran negociar incurriendo en un costo relativamente bajo.

Con base en su teorema, Coase planteó una regla de eficiencia que establece que las leyes y las instituciones sociales más eficientes son las que apoyan que el ajuste obligado por las externalidades, debe ser realizado por aquellos que puedan lograrlo al menor costo posible, es decir generalmente el Estado.

De ahí resulta que la intervención del Estado debe centrarse en definir los derechos de propiedad, de tal manera que los costos de los ajustes de las externalidades sean los mínimos posibles.

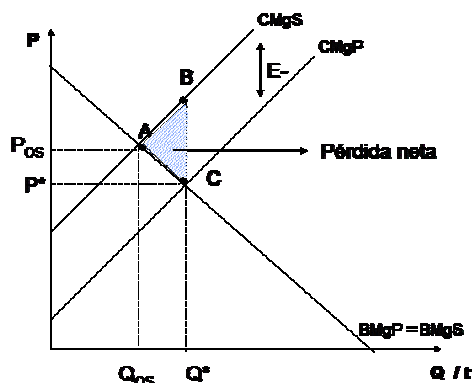
En aquellos casos en los que interactúe un pequeño número de agentes en la controversia y el costo de negociar sea bajo, los derechos de propiedad deberán apuntar a que el conflicto sea resuelto por las partes. Si, por el contrario, existen obstáculos en la negociación y por lo tanto la negociación individual es inviable, la ley debe imponer la carga de los efectos perjudiciales a la parte que puede conseguirlo al menor costo.

Este principio general ayuda a entender mejor lo relacionado con los derechos de propiedad de bienes comunes, como: ¿cuándo es posible impedir el paso a otros en una propiedad privada, o evitar que se obstruyan las vistas panorámicas?

---

<sup>1</sup> Coase, R.H., *The Marginal Cost Controversy. Economics XIII (1946)*

En todos los casos las leyes deben ser una réplica de los acuerdos que realizarían los individuos si pudieran negociar por sí mismos.



Gráfica 2.45 Equilibrio en presencia de Externalidades

$Q_{os}$  es el reconocimiento de que existe un nivel óptimo de utilización de los recursos naturales. Dado que no cumplen por sí mismos con una función propia, sino que ésta se encuentra supeditada a los beneficios que de él obtenga el ser humano y la sociedad en su conjunto.

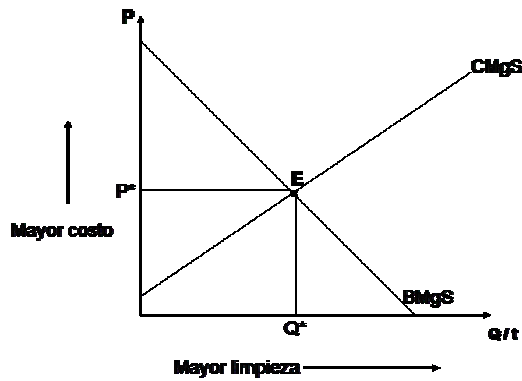
Las principales aportaciones recientes de la teoría económica se centran en la búsqueda de métodos de cálculo que permitan poner valor a los costos en los que incurre la sociedad por la sobreexplotación o la degradación de los recursos naturales o del medio ambiente, a efecto de compararlos con las inversiones que tiene que realizar para evitarlos. Por ejemplo para determinar el grado de conveniencia para la sociedad de sanear una cuenca contaminada o reducir la sobreexplotación de un recurso natural como el agua, depende de varios aspectos: como el monto acumulado de contaminación en la cuenca o los niveles de sobreexplotación, así como del incremento diario de contaminación o sobreexplotación del recurso.

Ambos, aunque relacionados, son en realidad problemas distintos. Se podría sólo limpiar el flujo sin sanear la cuenca, o reducir la sobreexplotación, sin sustituir el abastecimiento con otras fuentes. En la siguiente gráfica se definen dos curvas que tratan de representar el costo y el beneficio marginal social por la reducción de la sobreexplotación o por el saneamiento de la cuenca.

La primera claramente tiene una pendiente positiva; mientras más saneamiento (limpieza) queremos, más caro resulta. Por el contrario, el beneficio marginal social por mayor limpieza tiene una pendiente negativa. Es decir, las primeras unidades de limpieza tienen un gran beneficio, pero a medida que la limpieza es mayor, el beneficio es menor.

Puede llegar un punto en que el beneficio adicional sea cero, simplemente porque la población ya no percibe el cambio marginal.





Gráfica 2.46 Nivel óptimo de saneamiento de una Cuenca

El propio cuerpo humano vive en un cierto grado de contaminación que puede fácilmente procesar. De esta forma, en algún lugar existe un punto como  $Q^*$  en donde a la sociedad le conviene detenerse en su proceso de saneamiento. Esta determinación es casuística y depende de muchas características de la población y por lo tanto la respuesta no puede generalizarse. No es lo mismo el saneamiento de cuencas para un país como Suiza que para otro como México.

## 2.5.- Teoría Económica del Bienestar Social

Mejoramiento paretiano es todo cambio en el que algún individuo obtiene más utilidad sin que disminuya la utilidad de ningún otro. Realizando sucesivos mejoramientos paretianos se alcanzará una situación óptima. Entonces un óptimo de Pareto<sup>2</sup> es una situación en la que nadie puede conseguir un aumento en su utilidad total sin que ello implique disminución en la utilidad de otro.

La economía del bienestar analiza las condiciones en las cuales la solución de un modelo de equilibrio general puede ser la óptima. Esto requiere, entre otras condiciones, una asignación óptima de los factores entre los bienes y una asignación óptima de los bienes.

Se dice que una asignación de factores productivos alcanza el óptimo de Pareto cuando la producción no se puede reorganizar para aumentar la producción de uno o más bienes sin disminuir la producción de otro. Por tanto, en una economía de dos bienes, la curva de la producción es el lugar geométrico del óptimo de Pareto de los factores productivos de esos dos bienes.

Con las condiciones de equilibrio general de la producción y del intercambio, anteriormente descritas, se pueden desarrollar las condiciones marginales del máximo de bienestar social, y por lo tanto las condiciones de eficiencia de la economía en competencia perfecta.

Asimismo se puede explicar porque hay un solo equilibrio general de interés en la infinidad de posibles equilibrios generales que constituyen óptimos de Pareto.

<sup>2</sup> Vilfredo Pareto 1906.- *Externalities and the Theory of Welfare*.

*Primera condición marginal.*- Para alcanzar un óptimo de Pareto, la tasa marginal de sustitución TSM entre cualquier par de bienes de consumo debe ser igual para todos los consumidores de ambos bienes. Cuando no se da esa condición, uno o más individuos se pueden beneficiar con el intercambio, sin perjudicar a nadie.

*Segunda condición marginal.*- Para obtener un máximo de Pareto, la TSM entre cualquier par de insumos, debe ser igual para todos los productores que emplean ambos insumos. De otra manera, una redistribución de los recursos generaría una mayor producción total, sin disminuir la producción de ninguno de los bienes.

*Tercera condición marginal.*- Para obtener un óptimo de Pareto, la tasa marginal de transformación en la producción debe ser igual a la tasa marginal de sustitución en el consumo, para cada par de bienes y para cada uno de los individuos que consume ambos.

Cuando hay ocupación plena de los recursos, la mayor producción de un bien implica necesariamente una producción menor de algún otro. Se le llama tasa marginal de transformación de Y en X a la pendiente de la curva de transformación. Dicha tasa indica el número de unidades en que debe disminuir la producción de Y para poder aumentar en una unidad la producción de X.

Sólo se alcanza una distribución que sea un óptimo de Pareto cuando la tasa marginal de transformación es igual a la tasa marginal de sustitución en el consumo para los pares de bienes de consumo y para todos los consumidores.

Los tres conjuntos de condiciones marginales establecen las necesarias para la elevación del bienestar al máximo en cualquier tipo de sociedad, o sea para la obtención de un equilibrio que constituya un óptimo de Pareto.

En la competencia perfecta, los precios (y por tanto las razones de precios), son uniformes para todos los compradores. Cada consumidor compra bienes en cantidades tales que su tasa marginal de sustitución sea igual a la razón de precios común que enfrentan todos los consumidores. En consecuencia, la tasa marginal de sustitución entre cada par de bienes debe ser la misma para todos los consumidores; las condiciones marginales para el intercambio son una consecuencia del sistema de precios en la competencia perfecta.

En la condición marginal relativa a la sustitución de los factores, la tasa marginal de sustitución técnica entre cada par de insumos debe ser la misma para todos los productores. En la competencia perfecta los productores emplean los insumos en proporciones tales que la tasa marginal de sustitución técnica (razón de los productos marginales) sea igual a la razón de precios de los insumos.

En un mercado de competencia perfecta, los precios de los insumos son iguales para todos los productores; por lo tanto cada uno de ellos iguala su tasa marginal de sustitución técnica a una razón de precios de los insumos que es común para todos; en consecuencia, las tasas marginales de sustitución técnica son iguales. Por lo que también la condición marginal para la sustitución de factores es una consecuencia del sistema de precios de la competencia perfecta.

Por último, la condición marginal para la sustitución de productos, requiere que la tasa marginal de transformación de Y en X sea igual a la razón del costo marginal de X al costo marginal de Y. Al aumentar la producción de X en una unidad, el costo marginal indica cuanto cuesta dicha unidad adicional.

Pero para aumentar la producción de X se debe disminuir la de Y; por lo tanto el costo marginal de producción de Y indica cuanto cuesta dicha unidad adicional que se ahorra al reducir la producción de Y en una unidad. Así que al dividir el costo marginal de X por el costo marginal de Y encontramos el número de unidades de Y que deben sacrificarse para obtener una unidad adicional de X.

Como en los dos casos anteriores, la condición marginal para la sustitución de productos es una consecuencia del sistema de precios en la competencia perfecta. Por lo que el funcionamiento del sistema de precios de los mercados de competencia perfecta conduce al máximo de bienestar social; en otras palabras, cuando cada individuo resuelve implícitamente su problema de optimización limitada, el resultado es un conjunto de precios que conduce al máximo bienestar social. En realidad estos precios son multiplicadores de Lagrange, en el proceso de resolución del problema de elevar al máximo el bienestar.

### **2.5.1.- Equilibrio Bienestar Social con Costo Marginal de Producción.**

La demanda representa el valor marginal social o el beneficio marginal social derivado de una unidad adicional del bien en cuestión. Es decir, la demanda de cada bien indica el precio o el costo marginal de los recursos que los consumidores están dispuestos a pagar por una unidad adicional. En la competencia perfecta el precio es igual al costo marginal. De manera que siguiendo el argumento marginal, se puede concluir que el bienestar social alcanza el máximo cuando el costo marginal social es igual al beneficio marginal, o sea cuando el sacrificio de recursos que los consumidores están dispuestos a hacer es exactamente igual al sacrificio de recursos que la sociedad debe hacer para obtener una unidad adicional de producción.

### **2.5.2.- Externalidades de los Bienes Públicos**

Existe una economía (deseconomía) externa cuando el costo marginal social es menor (mayor) que el beneficio marginal social. Hay tres razones para la divergencia entre el costo marginal social y el beneficio marginal social.

Primero la llamada externalidad de la propiedad, que se refiere a los factores externos que benefician (economías) o perjudican (deseconomías) una propiedad por el uso o aplicación de factores ajenos a la propiedad. Por ejemplo el efecto benéfico de las flores en un huerto de manzanos para la producción de miel.

Una segunda fuente de externalidades se atribuye a la tecnología. Se presenta por ejemplo cuando hay indivisibilidades en los factores tecnológicos de producción o rendimientos a escala uniformemente crecientes, haciendo que falle el mercado, ya sea porque conduce al monopolio, o porque la empresa de competencia perfecta no es viable a un precio igual al costo marginal.

Una tercera fuente es la relativa a las externalidades de los bienes públicos. La competencia perfecta y sus precios llevan a la producción y al consumo indeseablemente pequeños de los bienes públicos.

La existencia de externalidades limita claramente el campo de acción de la empresa de competencia perfecta, si se quiere alcanzar un máximo de beneficio social, por lo que la administración o control públicos son necesarios a veces, favoreciendo la propiedad estatal o el manejo gubernamental de algunos bienes públicos, como es el caso de la educación con las escuelas públicas.

Toda la economía del bienestar se basa en criterios estáticos para alcanzar un máximo de bienestar social. Pero es probable que esos criterios no sean válidos en una economía de fuerte crecimiento, debido a la incertidumbre en el futuro; aun cuando en sentido contrario el crecimiento mismo tiende a corregir errores de juicio y de ejecución, por lo que representa un tema muy polémico.

Por lo tanto, es posible que las conclusiones de la economía estática del bienestar, no nos proporcionen patrones adecuados para juzgar a una economía verdaderamente dinámica. Si la libre empresa tiende a determinar una tasa de crecimiento mayor que la industria estatal en los bienes públicos, los argumentos dinámicos estarán a su favor, aun cuando el sistema de libre empresa pueda estar contaminado con elementos de oligopolio y de monopolio. En el largo plazo, la innovación y el crecimiento resultan más importantes para la economía.

## **2.6.- Conclusiones**

El principio de eficiencia está en la esencia misma de la Economía, que es la ciencia de la administración eficiente de los recursos escasos. Eficiencia es lo mismo que racionalidad económica. Una economía se comporta eficientemente cuando con una inversión dada consigue hacer máximo el valor del objetivo deseado, o cuando logra unos objetivos dados con el menor costo posible.

Conforme la teoría económica, sólo se alcanza la eficiencia y el bienestar máximo cuando el valor marginal del beneficio social es igual al costo económico total (Demanda = Oferta). De otra manera se presentan las pérdidas netas de beneficio, ocasionando un alto desperdicio del recurso.

Los precios reflejan el costo de oportunidad de los bienes, motivo por el que desempeñan un papel primordial al proporcionar información a los consumidores y productores para la toma de decisiones. Un aumento en los precios provoca una reducción en el consumo y simultáneamente provoca un incremento en la producción; por el contrario, una reducción en los precios incentiva un mayor consumo y restringe la producción.

La lógica económica es clara y racional, el precio es el elemento regulador para equilibrar la oferta y la demanda. En una economía de mercado los precios se determinan por la interacción privada de los consumidores y de los productores. Sin embargo, existen dos circunstancias en las que se ve obstaculizada, provocando precios distorsionados que no reflejan el costo de oportunidad.

La primera circunstancia se relaciona con los derechos de propiedad que no están bien definidos y presentan externalidades; es decir, acciones que realiza algún integrante de la sociedad y que generan costos y/o beneficios a otros individuos, mismos que no se ven recompensados por los costos o molestias en que incurren, ni compensados por los beneficios. Un ejemplo de esta situación es la contaminación de los ríos por las descargas sin tratamiento de las aguas usadas.

La segunda circunstancia surge cuando existen barreras para la libre entrada al mercado, distorsionando la interacción de consumidores y productores, o cuando uno de las partes tiene una posición de ventaja sobre otros, restándoles capacidad para decidir. Esta situación se presenta con los Monopolios, deformando las condiciones del mercado, al no existir competitividad entre los productores ni opciones para seleccionar los bienes por los consumidores.

Para los individuos, la curva de beneficio marginal de un bien público es similar a la curva de demanda de un bien privado. Pero la demanda de mercado de un bien público difiere de la de un bien privado, pues para obtener ésta última sumamos las cantidades que demanda cada individuo a cada precio, mientras que para encontrar la curva de demanda del mercado de un bien público sumamos el beneficio marginal de cada individuo en cada cantidad de provisión.

La elasticidad es el concepto que mide el grado de respuesta de una variable dependiente ante un cambio en la variable independiente. La elasticidad al precio muestra en cuanto cambia la cantidad demandada ante una variación en el precio. Este concepto es de gran importancia en agua potable ya que permite determinar indirectamente el valor del recurso para la sociedad.

Existe un nivel óptimo de utilización de los recursos naturales que está determinado por la sociedad en su conjunto. Dado que no cumplen por sí mismos con una función propia, sino que ésta se encuentra supeditada a los beneficios que de él obtenga el ser humano. Las principales aportaciones recientes de la teoría económica se centran en la búsqueda de métodos de cálculo que permitan poner valor a los costos en los que incurre la sociedad por la sobreexplotación o la degradación de los recursos naturales o del medio ambiente, a efecto de compararlos con las inversiones que tiene que realizar para evitarlos.

La elaboración de este capítulo esta basado en una selección y resumen de los:

- ❖ Apuntes de Evaluación Social de Proyectos, del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) de BANOBRAS, y de los
- ❖ Apuntes de Economía Gerencial, del Curso Propedéutico de Economía, en el Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (2004), así como consultas del libro
- ❖ Teoría Microeconómica, de C.E. Ferguson, Editorial Fondo de Cultura Económica.

## **Capítulo 3. –**

### **Aplicación de la Teoría Económica al Recurso Agua**

#### **3.1.- Pautas Empleadas para la Evaluación de Proyectos Hidráulicos.-**

Básicamente los economistas sostienen que un mercado perfecto, es decir un mercado competitivo con muchos compradores y vendedores, acabará por dar a cada producto básico de la economía el precio del valor de su producto marginal; o sea que el precio de todos los bienes y servicios reflejará exactamente el valor que la última unidad utilizada de ese bien o servicio aporta a la producción.

Cuando la economía se encuentre en equilibrio, tanto el costo de oportunidad (es decir el mejor aprovechamiento en otro proceso alternativo de producción), como el valor del producto marginal y el precio serán iguales.

Los recursos entonces tendrán que asignarse mediante el mecanismo de precios, al uso en que la última unidad utilizada de cada bien y servicio resulte más productiva; ninguna transferencia de recursos podrá traducirse en una mayor producción. Sin embargo, evidentemente los mercados perfectos no existen y los precios no siempre reflejan los valores de los recursos.

Hay que observar que aunque los mercados sean imperfectos y los precios discutibles, la teoría no pierde validez, por lo que la primera aproximación al verdadero valor de un bien o servicio que es objeto de comercio será generalmente su precio de mercado. Sin duda para los análisis financieros este será su mejor estimación posible. Pero para el análisis económico puede considerarse que los precios de cuenta, constituyen un indicador más exacto del valor de un bien o servicio.

Los precios de cuenta (que algunos economistas prefieren llamar precios sombra) reflejan el valor económico de los insumos y productos. La expresión de cuenta indica que no se trata de un precio de mercado, sino que estará en base a un sistema de precios (donde se evitan las distorsiones locales), para lo cual se utiliza una unidad de cuenta (o numerario) diferente para sumar los beneficios y costos con sustento en la referencia de precios internacionales.

Podría definirse el precio de cuenta como el precio que prevalecería en la economía si ésta estuviera en perfecto equilibrio en circunstancias de competencia.

La dificultad se presenta al tratar de calcular los precios de cuenta, ya que requiere la preparación de un modelo econométrico gigante para la economía de que se trate y utilizarlo para determinar todos los precios del sistema, lo que sólo es posible para departamentos gubernamentales especializados en la planificación nacional, con presupuesto para definir los datos necesarios del modelo. Por ello en la práctica los analistas de proyectos se conforman con una aproximación menos compleja que la determinación de los precios de cuenta.

Para los análisis económicos de proyectos hidráulicos lo que se acostumbra inicialmente es tratar de corregir los precios de mercado, en aquellos factores que evidentemente son los más importantes en la determinación del valor del recurso agua y que se sabe están distorsionados por factores internos, como el caso de subsidios en la energía de bombeo.

O en el caso de disponerse de estudios de demanda y la determinación de las elasticidades, puede aplicarse directamente la teoría económica para determinar el valor del recurso agua.

### **3.2.- El agua como Bien Económico**

El eje fundamental de la localización de los conglomerados humanos ha sido siempre en función de la disponibilidad del agua. En las orillas de cuerpos de agua abundantes y de buena calidad, fueron desarrollándose las poblaciones a través de la historia. Pero esos recursos alguna vez abundantes y de buena calidad, se han sobreexplotado y contaminado, convirtiéndose en el lugar de descarga de basuras, animales muertos y residuos líquidos y sólidos de la actividad urbana, industrial y agrícola.

La falta de una cultura del agua como bien económico y la ausencia de una administración racional y sustentable del recurso -que tenga en cuenta las reservas necesarias para las generaciones futuras- han reducido alarmantemente la disponibilidad *per cápita* de agua.

La escasez y el uso abusivo del agua dulce plantea una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. La salud y el bienestar humanos, la seguridad alimentaria, el desarrollo industrial y los ecosistemas de que dependen se hallan todos en peligro.

En la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) celebrada en Dublín, Irlanda, en enero de 1992 se reunieron quinientos participantes, entre los que figuraban expertos designados por los gobiernos de cien países y representantes de ochenta organizaciones internacionales, intergubernamentales y no gubernamentales.

Los expertos consideraron que la situación de los recursos hídricos mundiales se estaba volviendo crítica. Estos problemas ya están presentes y afectan a la humanidad en este momento. La supervivencia futura de muchos millones de personas exige una acción inmediata y eficaz.

Al encomendar esta Declaración de Dublín a los dirigentes mundiales reunidos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en Río de Janeiro, en junio de 1992, los participantes en la CIAMA instaron a todos los gobiernos a que examinaran detenidamente las diferentes actividades y medios de ejecución recomendados en el Informe de la Conferencia, y a traducir esas recomendaciones en programas de acción urgentes en base a:

### **3.2.1.-Principios Rectores sobre el Agua y el Desarrollo Sustentable.**

Se precisa una acción concertada para invertir las actuales tendencias de consumo excesivo, la contaminación y las amenazas crecientes derivadas de la sequía y las crecidas. El Informe de la CIAMA formula recomendaciones para que se adopten medidas en las esferas local, nacional e internacional, teniendo presente cuatro principios rectores.

Principio N° 1 El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

Dado que el agua es indispensable para la vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque integrado que concilie el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas naturales. La gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero.

Principio N° 2 El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles

El planteamiento basado en la participación implica que los responsables de las políticas y el público en general cobren mayor conciencia de la importancia del agua. Este planteamiento entraña que las decisiones habrían de adoptarse al nivel más elemental apropiado, con la realización de consultas públicas y la participación de los usuarios en la planificación y ejecución de los proyectos sobre el agua.

Principio N° 3 La mujer debe participar desempeñando un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.

Este papel primordial de la mujer como proveedora y consumidora de agua y conservadora del medio ambiente viviente rara vez se ha reflejado en disposiciones institucionales para el aprovechamiento y la gestión de los recursos hídricos.



La aceptación y ejecución de este principio exige políticas efectivas que aborden las necesidades de la mujer y la preparen y doten de la capacidad de participar, en todos los niveles, en programas de recursos hídricos, incluida la adopción de decisiones y la ejecución, por los medios que ellas determinen.

Principio N° 4 El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y deberá reconocérsele como un bien económico.

En virtud de este principio, es esencial reconocer el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso al agua pura y al saneamiento por un precio asequible. La ignorancia, en el pasado, del valor económico del agua ha conducido al derroche, a deficiencias en la distribución equitativa para toda la población, y a la utilización de este recurso con efectos perjudiciales para el medio ambiente. La gestión del agua, en su condición de bien económico, es un medio importante de conseguir un aprovechamiento eficaz y equitativo y de favorecer la conservación y protección de los recursos hídricos.

Después de estas reuniones mundiales, se ha iniciado en todos los países el proceso de mejorar el uso racional y equitativo, y recuperar el deterioro, lo que tendrá un costo mucho mayor que el que hubiera sido necesario de haberse manejado inicialmente como bien económico.

El concepto del agua como bien económico en la agenda global, ha recibido la aceptación amplia por los profesionales del agua del mundo. Sin embargo, hay confusión substancial sobre el significado exacto de algunos de los principios. En particular aparentemente no está claro para muchos no-economistas qué es lo que se implica con la declaración de que el agua es una "bien económico" o "un bien económico y social."

Hay varios conceptos generales relacionados con el valor económico del agua y los costos asociados con su suministro, por ese motivo incluimos primero la teoría económica, y en este capítulo desarrollamos la aplicación directa de la teoría para el recurso agua:

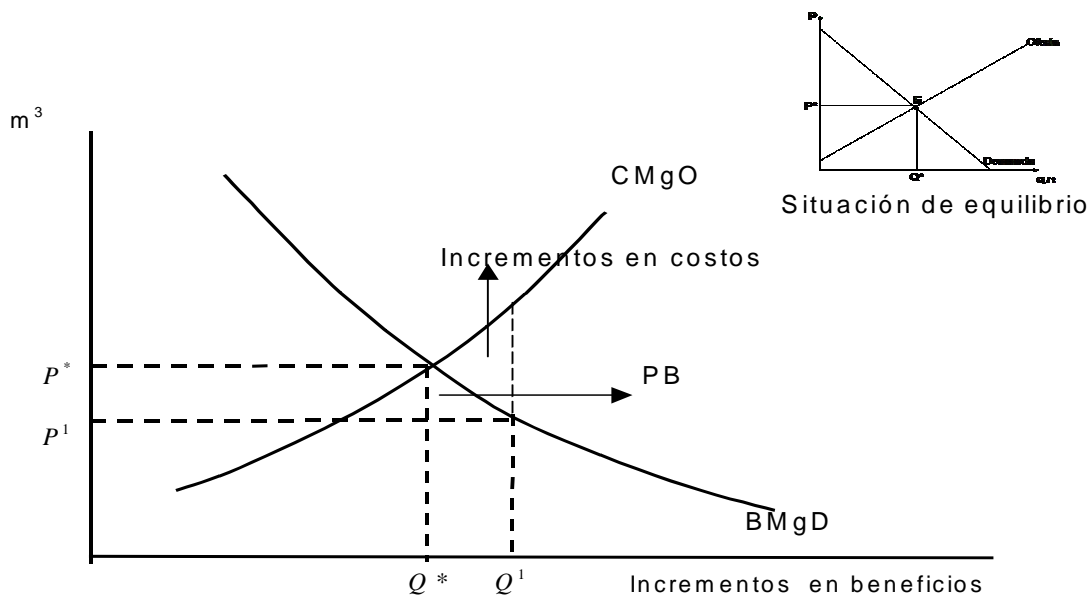
La idea de considerar el agua como un bien económico es simple: el agua es un bien escaso, que tiene usos alternativos y existe en cantidades limitadas; al igual que otras bienes tiene un valor para los usuarios, quienes están dispuestos a pagar por ella.

### **3.3.- Aplicación de la Teoría Económica al Recurso Agua.**

Conforme la teoría económica, los consumidores pueden emplear todo el líquido que deseen en tanto el beneficio de usar un  $m^3$  adicional excede el costo en que se incurre. En el equilibrio de oferta-demanda, donde la cantidad  $Q^*$  se muestra como el consumo óptimo, es decir cuando el costo marginal de la oferta CMgO es igual al beneficio marginal de la demanda BMgD (situación de equilibrio de la Gráfica 3.1)

Si a un consumidor se le carga un precio  $P^1$ , diferente al costo marginal de la oferta, entonces el puede consumir  $Q^1$ , donde el incremento en costo (el área bajo la curva de costo) supera el incremento en el beneficio marginal de la demanda (el área bajo la curva de beneficio), lo cual genera una pérdida neta de beneficio PB. En términos teóricos, cuando se aplica a la sociedad como un todo, a nivel agregado, el bienestar es maximizado cuando el agua es cobrada a su costo marginal y es utilizada hasta que ese costo se iguala al beneficio marginal.

El máximo bienestar social sólo se alcanza cuando el costo marginal es también igual al costo marginal social, ya que sólo entonces son iguales el beneficio marginal social y el costo marginal social. De otra manera se presentan las pérdidas netas de beneficio, ocasionando un alto desperdicio del recurso, como ha sucedido en México con el uso agropecuario, donde el precio del recurso es muy inferior a su costo, además de que por no haberse considerado los efectos de las externalidades en ninguno de los usos del agua, también se ha tenido un grave deterioro de la calidad del recurso.



Gráfica 3.1.- Pérdida neta de Beneficios PB (precio menor al de equilibrio)

Entonces para que exista equilibrio económico, el precio del agua debe ser igual a su costo total. El modelo económico clásico indica que en ese punto se maximiza el bienestar de la sociedad.

Sin embargo, en la práctica los países desarrollados que ya tienen muchos años de aplicar esta política, generalmente aplican un valor del recurso todavía mayor que el costo estimado, (como margen de seguridad para evitar cualquier deterioro de la calidad, es decir para asegurar la sustentabilidad del recurso), debido a que con frecuencia existen dificultades para estimar las externalidades ambientales, en los cálculos del costo total.

Los principios generales relacionados con el valor económico del agua y los costos asociados con su suministro son los siguientes:

1.- Es clave la comprensión de los costos, tanto directos como indirectos, asociados con el suministro.

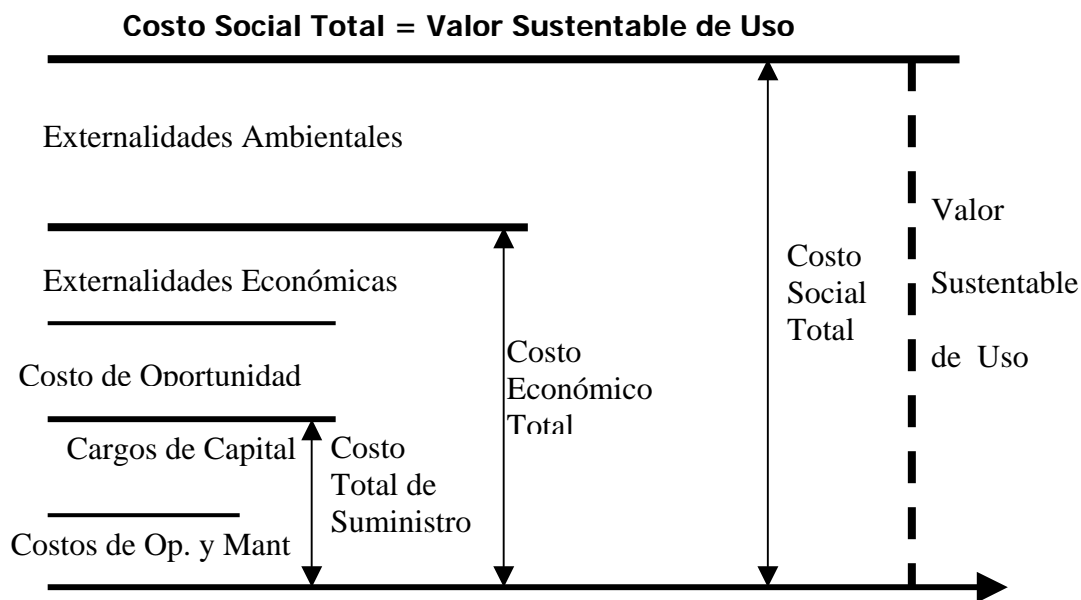
2.- A cada uso del agua corresponde un valor, que puede ser afectado por la calidad del agua y por la confiabilidad del suministro. Independientemente del método de estimación, lo ideal para el uso sustentable es que los valores y costos estén en equilibrio. El costo total debe ser igual al valor sustentable de uso.

Conviene señalar que el valor en usos alternativos y los costos de oportunidad se determinan simultáneamente cuando la oferta de agua es igual a la demanda de los diferentes subsectores en el tiempo y el espacio. Los mercados de agua cumplen la función de igualar las demandas (en calidad y cantidad) con la oferta.

Actualmente es posible obtener estimados empíricos de valores y costos de agua utilizando modelos de análisis de sistemas; en caso de que no se tengan disponibles este tipo de modelos para el cálculo de costos, valores y precios, debe utilizarse un enfoque de equilibrio parcial.

### 3.4.- Metodología para la Estimación del Costo del Agua.

Se requiere estimar el costo de oportunidad del agua al utilizarla en un cierto sector, de tal manera que refleje el costo que tiene para la sociedad el privar a otros sectores del uso del recurso. Por ejemplo, al evaluar el costo económico del agua utilizada en la irrigación se requiere estimar el valor del agua de la mejor alternativa eliminada, es decir en el sector urbano o en el industrial.



Gráfica 3.2.- Conceptos Generales del Costo del Agua.

Fuente: (*Water as a Social and Economic Good*, by Peter Rogers)

Como se puede observar en la figura anterior, existen tres conceptos importantes:

*el Costo Total de Suministro*, que incluye los Costos de Capital por la infraestructura necesaria y los Costos de Operación y Mantenimiento;  
*el Costo Económico Total* que incluye además de los anteriores costos, el Costo de Oportunidad y el de las Externalidades Económicas; y  
*el Costo Social Total* que incluye además a las Externalidades Ambientales.

**3.4.1.- Costo de Suministro.-** Incluye los costos asociados con la infraestructura necesaria y con la operación para el suministro de agua a los consumidores. El Costo Total de Suministro tiene dos componentes: los Costos de Operación y Mantenimiento y los Costos de Capital. Ambos deben evaluarse tomando en cuenta el costo económico total de los insumos correspondientes.

*Costos de Operación y Mantenimiento:* Son los debidos a la operación cotidiana del sistema de suministro. Típicamente incluyen los costos de utilizar o comprar el recurso agua (derechos por aprovechamiento), la energía eléctrica necesaria para el bombeo, materiales, mano de obra, así como el costo de la administración, gestión y operación de instalaciones de potabilización, almacenamiento y distribución. En la práctica, existen pocas discrepancias sobre lo que se incluye en esta categoría y la forma en la que deben calcularse los costos correspondientes.

*Costos de Capital:* Estos deben incluir los costos derivados del uso del capital requerido para la inversión en infraestructura de captación: en presas y pozos, plantas potabilizadoras, sistemas de conducción y distribución, así como los recargos por su depreciación. Existe alguna diferencia de opinión sobre la forma de calcular los Costos de Capital, los métodos tradicionales usan un enfoque de contabilidad histórica y tratan de evaluar los costos relacionados con el repago de los flujos monetarios empleados para inversión a lo largo del tiempo. Los métodos modernos enfatizan una visión prospectiva y tratan de evaluar los costos asociados con el reemplazo a largo plazo de los bienes de capital tomando en cuenta los costos marginales incrementales del suministro.

Al analizar los costos de suministro, los economistas centran su atención en las variaciones que se producirán si se adopta una determinada decisión:

En el caso de las empresas de agua potable y aguas residuales, entre las decisiones importantes se cuentan las relativas a la ampliación o a la instalación de nuevos servicios, el mejoramiento de un servicio existente, la fijación de tarifas, la instalación de medidores, la imposición de restricciones al uso independiente del precio y el uso de métodos de control y de detección de fugas.

Algunos costos permanecen invariables sea cual fuere la índole de la decisión. Para los fines de la toma de decisiones se puede hacer caso omiso de ese tipo de costos, pero los costos importantes son los que sí varían cuando se toman ciertas decisiones. Estos costos reciben el nombre de costos evitables y se definen como los costos que se pueden evitar si no se toma una decisión.

Por lo tanto, cuando se ha tomado una decisión, los costos evitables cambian, pues ya no pueden evitarse los costos correspondientes.

Toda empresa, sea privada o pública, puede tomar decisiones económicas si se rige por la siguiente regla general: Resultará económico aumentar la producción mientras el ingreso marginal previsto por concepto de la venta de una unidad adicional excede al costo marginal de la misma, y la suma de costos evitables de la producción acumulativa sea inferior al total de ingresos.

Es difícil que una empresa pueda generar toda la información sobre costos evitables necesaria para cada decisión que debe tomar. Por lo tanto, resulta conveniente considerar las características de estos costos. El rasgo más importante de los costos evitables es que varían cuando varía la producción. Por lo tanto, será necesario analizar las variaciones de los costos evitables que son función de las variaciones de la producción.

Mediante un ejemplo, se puede ilustrar la importancia de la utilización de este concepto sobre el análisis de los costos evitables de las empresas. Aplicando la regla anteriormente señalada para el caso de una empresa pública. Se supone que después de analizar la demanda, se ha determinado que si el precio unitario se fijara en \$ 200 se venderían cuatro unidades en cada período. Si el precio unitario se rebajara a \$ 175, las ventas aumentarían a cinco unidades.

Dadas estas condiciones de la demanda, la empresa puede producir económicamente cuatro unidades si fija su precio unitario en el costo marginal de la cuarta unidad, es decir, \$ 200. El ingreso marginal (precio) excedería del costo marginal en el caso de las primeras tres unidades de producción y sería igual al costo marginal de la 4a unidad. Además, la suma de costos evitables para una producción de cuatro unidades (\$600) sería inferior al total de ingresos (\$800).

El análisis del ejemplo es válido en el caso de empresas públicas cuyo costo marginal va disminuyendo. En ese caso, un precio fijado en base al costo marginal dará por resultado la cantidad de producción "correcta". No obstante, el total de costos evitables para esa producción acumulativa puede exceder a los ingresos provenientes de las ventas del producto, por lo que es recomendable tener un precio (tarifa) compuesto por una tarifa fija y su complemento en tarifa variable, como enseguida se muestra:

Producción (Núm unidades)	Total de Costos Evitables (\$)	Costo Marginal (\$)
0	0	0
1	100	100
2	250	150
3	400	150
4	600	200
5	850	250

**Tabla No 3.1.- Análisis de C. Evitables y C. Marginales**

A primera vista, parecería que no se podría justificar ninguna producción. Esto sería cierto si la única fuente de ingreso fueran las ventas a precios iguales al costo marginal.

Sin embargo, si además de las ventas al costo marginal se pudiera cobrar un cargo fijo y permanente por período, que produjera suficientes ingresos para cubrir la diferencia entre el total de costos evitables y el total de ingresos obtenidos de las ventas del producto en cuestión, se podría justificar económicamente la producción de la cantidad "correcta" y su venta al precio igual al costo marginal (Coase<sup>1</sup>, 1970).

Conviene mencionar varios puntos referentes a la naturaleza del análisis de los costos evitables:

A diferencia de los registros contables, que se relacionan con las operaciones pasadas, las decisiones de las empresas y el análisis de los costos evitables dependen de las estimaciones previstas de lo que sucederá en el futuro.

Los costos evitables no son necesariamente lo mismo que los pagos. Por ejemplo, si una empresa de tratamiento de aguas residuales ha pagado \$ 100 por productos químicos que pueden usarse para tratar las aguas o venderse en el mercado por \$ 200, deducido el costo de venta. En el ejemplo, el costo evitable es \$ 200 y no \$ 100 que se registraron en las cuentas de la empresa como gasto. Por lo tanto, los costos evitables se determinan en base al costo de oportunidad o costo de la mejor alternativa de uso. Esto significa que el costo de hacer algo es simplemente el ingreso que podría haberse obtenido si no se hubiera tomado una determinada decisión.

La distinción contable tradicional entre costos fijos y costos variables no es muy pertinente para el caso del análisis de los costos evitables, pues algunas categorías de costo que varían cuando se producen ciertos cambios en la estructura de producción, no varían necesariamente cuando se produce cualquier cambio en las unidades de producción.

Las variaciones de los costos evitables dependerán de la duración del período que se deje para efectuar la modificación de la producción. Mientras más corto sea el período de una modificación de la producción mayores serán los costos evitables. Los costos evitables dependerán también de la producción que la empresa haya programado para períodos posteriores al período en estudio.

Por ejemplo, si una empresa de aguas tiene un exceso de capacidad en lo que respecta a obras de captación y permite que nuevos usuarios se conecten a su sistema, podría parecer que los nuevos usuarios no representarían en el año actual costos evitables por concepto de captación. No obstante, si la empresa hubiera programado satisfacer toda la demanda futura de los usuarios registrados con su capacidad actual de fuentes de captación, los nuevos usuarios impondrían costos evitables actuales por concepto de ampliación de captación. La decisión de permitir las nuevas conexiones al sistema en el período actual, demandará instalar capacidad de captación adicional en el futuro.

---

<sup>1</sup> Coase, R.H., "The Theory of Public Utility Pricing and its Application", *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 1, N° 1, 1970.

Hay varios métodos para estimar los costos marginales (*R. J. Saunders*<sup>2</sup>). En el caso de la mayoría de las empresas de agua potable, las decisiones que requieren un análisis de los costos marginales se efectúan tomando como base períodos de un año. Por ejemplo, las tarifas generalmente se revisan, a lo sumo, anualmente. Por lo tanto, el método más apropiado para medir el costo marginal es el que nos permite medir las variaciones de los costos evitables sobre una base anual. El método propuesto por el Dr. Ralph Turvey<sup>3</sup> permite calcular el costo marginal anual por unidad de producción de una manera compatible con los principios antes señalados.

Primero se analiza el componente de los costos de capital. Para calcular el costo marginal de capital para cualquier año se debe calcular el valor presente en el año "n" de los costos del sistema programados con el incremento de la producción anual a partir de ese año "n". Luego se resta de este monto el valor presente al año "n", de los costos del sistema programados sin el incremento de la producción anual a partir del año "n", y con dicho incremento a partir del año "n + 1". Luego se divide esta diferencia por la magnitud del incremento anual de la producción, para obtener el costo del capital marginal por unidad de uso.

Por consiguiente, el costo marginal de capital es una medida del efecto de un uso incremental sobre la parte de los costos totales del sistema correspondiente al capital, donde los costos comprenden solamente los costos del sistema que varían directamente en función del uso, y se expresan como el costo de reducir o acelerar el aumento en el uso y en las inversiones correspondientes.

El costo marginal de operación por unidad de producción o uso se suma al costo marginal de capital para obtener un costo marginal total para cada unidad producida. Los costos de operación comprenden sólo los costos que varían según el uso (principalmente electricidad y productos químicos). Para obtener el costo marginal de operación se debe sumar todos los costos de operación previstos que se necesitan para atender al incremento anual del uso y dividirlo por el incremento anual del uso previsto.

La interpretación económica de esta definición de costo marginal es de especial interés. La definición y la medición del costo marginal de operación casi no ofrecen dificultad. Esto se debe al hecho de que el costo de oportunidad de la producción y la propia producción son simultáneos. Ahora bien, el concepto de costo marginal de capital es algo completamente distinto. En este caso, hay un plazo de tiempo, entre el momento en que ocurre un aumento permanente del uso o la producción y el momento en que ocurre su costo de oportunidad. Por ejemplo, cuando en el caso de un aumento permanente del uso se emplea un incremento de la capacidad del sistema, frecuentemente no hay necesidad de reducir inmediatamente otro tipo de producción y no ocurre ningún costo de oportunidad en ese momento.

---

<sup>2</sup> *Saunders, R.J. et al.* - "Alternative concepts of Marginal Cost for Public Utility Pricing. Problems and Applications in the Water Supply Sector, World Bank Staff Working Paper, N° 259, Washington, D.C., mayo de 1977.

<sup>3</sup> *Turvey R.*, *Marginal Cost*, *Economic Journal*, Vol. 79, junio de 1969 y *Economic Analysis and Public Enterprises*, Londres: Allen y Unwin

Sin embargo, los recursos que se podrían destinar a la producción de otra cosa finalmente tendrán que destinarse a la capacidad del sistema antes de lo que se había programado originalmente. Esto representa el costo de oportunidad de agregar hoy un incremento permanente del uso. Nuestro concepto de costo marginal está concebido de manera de medir este costo de oportunidad “desplazado” hoy, en el momento en que ocurre el uso que lo causa. Por lo tanto, nuestro concepto nos permite medir los costos de oportunidad “desplazados”, así se pueden fijar los precios de una forma que permitan indicar a los consumidores los costos de oportunidad que impone su consumo actual.

Ilustrando con otro ejemplo: el empleo de capacidad del sistema causado por un aumento permanente del uso del mismo es semejante a la utilización de existencias de materias primas en un proceso de producción. Si el producto o el uso ocurren hoy, hace que los almacenamientos tengan que reabastecerse antes de lo programado. Por lo tanto, la utilización de los almacenamientos hoy tiene un costo de oportunidad.

Es este costo de oportunidad futuro o “desplazado” que debe calcularse hoy, en el momento en que se radica su causa, si los precios de los bienes producidos han de reflejar los costos reales de los recursos utilizados en su producción. El concepto de costo marginal está concebido específicamente para medir estos costos de oportunidad “desplazados”.

**3.4.2.- Costo Económico Total.-** Es la suma del Costo Total del Suministro, analizado anteriormente, más el Costo de Oportunidad relacionado con el mejor uso alternativo del mismo recurso hidráulico, y más las externalidades económicas impuestas sobre otros usuarios potenciales, debido al consumo de agua por un usuario específico.

*Costo de Oportunidad:* Este costo toma en cuenta el hecho de que al consumir agua, el usuario está privando de la misma a otro usuario. Si el otro usuario le asigna al agua un valor, hay entonces un costo de oportunidad debido a la asignación del recurso. El costo de oportunidad es cero solamente cuando no hay escasez. Ignorar el Costo de Oportunidad subvalúa el agua, lleva a malas decisiones de inversión y causa serias equivocaciones en la asignación del agua entre los diferentes usuarios. El concepto de Costos de Oportunidad también es aplicable a casos relacionados con la calidad ambiental.

*Externalidades Económicas:* Por tratarse de un recurso fugitivo, el uso del agua normalmente implica externalidades. Las externalidades más comunes son las derivadas del impacto de la extracción de recurso aguas arriba o con la contaminación del agua, que afecta a los usuarios de aguas abajo.

También hay externalidades debido a la sobreexplotación o contaminación de recursos de una fuente común, tales como lagos o acuíferos. Pueden también haber externalidades de producción cuando un área irrigada daña los mercados de los productos de áreas no irrigadas, o cuando obliga a los agricultores de estas últimas a cambiar de insumos. El procedimiento estándar para las externalidades es el de definir un sistema por medio de cual se “internalizan”.



Las externalidades pueden ser positivas o negativas, y es importante analizar la situación en cada caso, así como el costo de sus impactos. Las externalidades positivas ocurren, cuando la irrigación con aguas superficiales satisface tanto las necesidades de evapotranspiración de los cultivos, como la recarga del acuífero.

En estos casos la irrigación suministra un servicio de recarga; sin embargo, el beneficio neto dependerá del balance total entre la recarga (debida a la lluvia y a la irrigación), y a la tasa de explotación de las aguas subterráneas. Cuando la recarga total es mayor que las extracciones totales, sin resultar aún en un alto nivel freático, el beneficio neto de la recarga será igual a la reducción en el costo de bombeo. Este ahorro puede ser pequeño si no deriva en disminuciones significativas de los costos de inversión y operación como resultado de un nivel freático más alto.

En todos los casos, el beneficio neto de las externalidades positivas debe compararse cuidadosamente con el costo de capital adicional de mejorar las presas o los sistemas de conducción y distribución que generan filtraciones hacia el subsuelo.

Las externalidades negativas pueden generar costos para los usuarios de aguas abajo, si los flujos de retorno de las aguas de uso de riego o de uso urbano son salinos o contaminadas. Un método para compensar esas externalidades es el imponer a los usuarios de aguas arriba un impuesto, dependiendo de los volúmenes de utilización del agua. En Alemania y Francia para compensar este impacto económico por las descargas contaminadas, se cobra un impuesto a los usuarios, que se aplica para tratar el agua y devolverle su condición original.

**3.4.3.- Costo Social Total.-** de consumir agua, incluye además de los costos descritos arriba, las Externalidades Ambientales. Estos costos adicionales deben determinarse con base en los impactos que se causan, o con los costos de tratamiento para dar al ambiente su calidad original.

*Externalidades Ambientales.* Las externalidades ambientales se relacionan con la salud pública y el mantenimiento de los ecosistemas. Por lo tanto, si la contaminación es causa de costos adicionales de producción o consumo a los usuarios de aguas abajo, se trata de una Externalidad Económica, pero si causa impactos en la salud pública o en el ambiente, entonces se define como una externalidad Ambiental. Las externalidades Ambientales son las más difíciles de evaluar, pero por lo menos deben cubrir el importe de los daños causados.

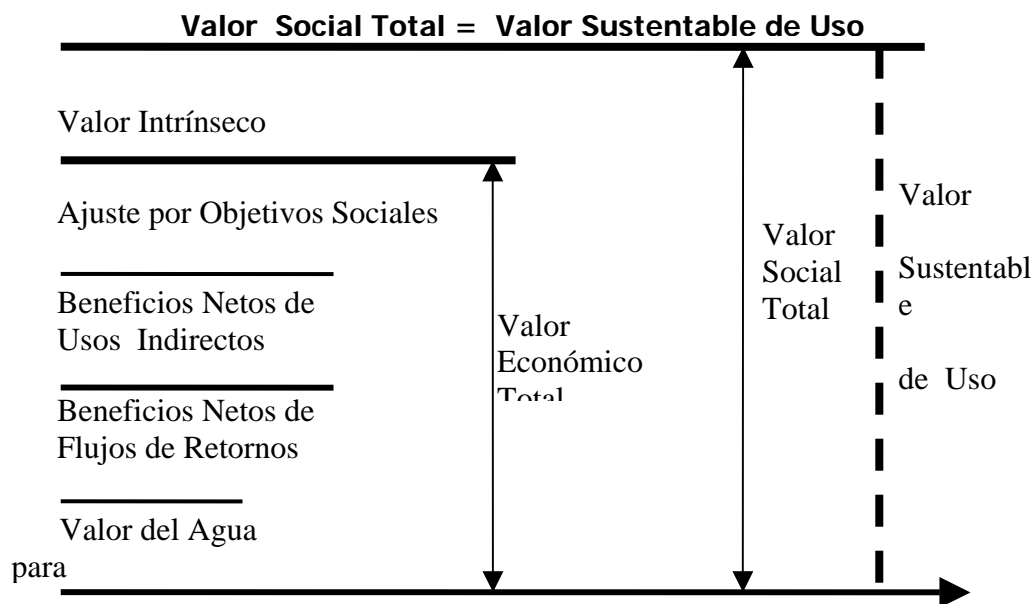
Una vez determinados los costos marginales totales, deben compararse e igualarse con los beneficios, como se ha señalado, ya que el máximo bienestar social se alcanza sólo cuando el costo marginal social es igual al beneficio marginal social.

### 3.5.- Metodología para la Estimación del Valor Económico del Agua.-

Para la determinación del bienestar social, utilizamos el concepto del valor económico del agua, que es diferente a su precio, que corresponde al monto de la tarifa que se cobra a los usuarios por el suministro del recurso, generalmente muy inferior al valor económico del agua, sobre todo en los países con mayor desperdicio del recurso.

El Valor Económico del Agua depende tanto del usuario en sí como del aprovechamiento que se le da al recurso. La Gráfica 3.3 muestra en forma esquemática los componentes del Valor Sustentable del Uso del Agua, que se integra con la suma del Valor Económico y el Valor Intrínseco. El Valor del agua depende tanto de cada uno de los diferentes usos directos, como de la utilización indirecta que se le da, de los beneficios por los flujos de retorno y de su Valor Intrínseco. Los componentes del valor económico son:

- Valor del Agua para cada uno de los diferentes Usos
- Beneficios Netos de los Flujos de Retorno
- Beneficios Netos del Uso Indirecto
- Ajustes por Objetivos Sociales
- Valor Intrínseco



**Gráfica 3.3.- Conceptos del Valor Social del Agua**

Fuente: (*Water as a Social and Economic Good*, by Peter Rogers)

Como cualquier otro bien económico, el agua es escasa y tiene usos alternativos. De manera agregada se pueden establecer dos principales grupos de usos del recurso: el uso consuntivo compuesto principalmente por el uso agrícola, el doméstico y el industrial; y el uso no consuntivo, que incluye al de generación hidroeléctrica, usos recreativos, acuicultura, navegación y ecológicos. La asignación del mismo dependerá del valor que tenga para la sociedad la unidad volumétrica utilizada en cada uno de los diferentes usos.

### **3.5.1.- Valor del Agua Para los Usuarios.-**

En las actividades industriales y agrícolas, el valor para los usuarios es por lo menos el valor marginal del producto. Para el uso doméstico, la disposición a pagar por el agua representa un límite inferior de su valor, ya que hay otros valores adicionales del agua como se describe enseguida.

Para que exista equilibrio económico, el valor social del agua, que nosotros definimos como el "valor social en uso", debe ser exactamente igual a su costo total. El modelo económico clásico indica que en ese punto se maximiza el bienestar de la sociedad. En la práctica, sin embargo, es frecuente que el valor social en uso sea mayor que el Costo Total estimado. Esto se debe a que generalmente existen dificultades para estimar las externalidades ambientales en los cálculos del Costo Total. Peor aún, en muchos casos el Valor en Uso puede llegar a ser menor que el Costo Económico o aún que el Costo de Suministro. Esto es así debido a que los criterios políticos frecuentemente se imponen sobre los económicos, como desafortunadamente ocurre en México.

#### **3.5.1.1- Valor Económico del Agua para Uso Agrícola.-**

El valor que tiene el agua para un agricultor se refiere a la mayor productividad que adquieren las tierras con la disponibilidad de este recurso. Como no se ha desarrollado un mercado formal de este líquido (por lo menos en nuestro país), se ha buscado una forma alternativa de cuantificar su valor a través de otro mercado, que es el de los bienes agrícolas, en cuya producción, el agua interviene como insumo. Por lo tanto, el valor del agua para riego agrícola corresponde al incremento en el valor neto de la producción de este tipo de bienes.

Al productor agrícola le interesa, tanto la disponibilidad de agua, como su distribución oportuna. La disponibilidad del agua es una variable aleatoria, que está asociada a una distribución de probabilidades, por lo tanto es conveniente definir el concepto de seguridad de riego, que indica la probabilidad de contar con el líquido necesario oportunamente, durante varias temporadas, dicho de otra manera es una forma de medir el riego asociado al abastecimiento del recurso.

Los beneficios o el valor del riego se generan al aumentar la seguridad de riego para las tierras beneficiadas, permitiendo un mayor valor neto de la producción, ya sea por aumentar la superficie cultivada, y/o por permitir un mayor rendimiento de cada hectárea, y/o por la posibilidad de un cambio a cultivos más rentables, por ejemplo a cultivos perennes, que se siembran una vez y se pueden cosechar durante varias temporadas.

Una manera alternativa para medir los beneficios o el valor del agua para uso de riego, es a través del mercado de los predios agrícolas. Las tierras de temporal, que son aquellas que no se riegan tienen un beneficio que se puede estimar por el valor comercial de la tierra en estas condiciones; mientras que las tierras con riego tienen un valor comercial mayor. La diferencia entre esos valores comerciales indicaría el beneficio o valor del agua para uso agrícola.

Para la evaluación de proyectos de riego, generalmente se utiliza el incremento en el valor neto de la producción agrícola para cuantificar y valorar los beneficios. Ya que se considera que esta medición es más precisa que si se realizara a través del mercado de los predios con y sin riego. Sólo en los casos en que no se cuente con información sobre el mercado de los bienes agrícolas, se utiliza el incremento en el valor comercial de los predios. En resumen, el valor del agua para uso agrícola se materializa en un mayor valor neto de la producción.

### **3.5.1.2.- Valor Económico del Agua para Uso Urbano o Doméstico. -**

Como vimos, la teoría económica permite determinar el valor que tiene para las personas el consumo de diferentes cantidades de un bien, mediante la demanda individual y la demanda agregada de mercado, las cuales dependen de muchos factores incluyendo el precio del bien, el precio de los bienes sustitutos y de los bienes complementarios, del ingreso del consumidor, los gustos y otros factores diversos, como el clima.

La demanda por agua potable depende entonces de diferentes variables, lo cual se representa de la siguiente manera:

$$Da = F (Pa, C, I, Ps, Pc, otros)$$

Donde: Da = Demanda por agua

Pa = Precio del agua

C = Clima

I = Ingreso

Ps = Precio de bienes sustitutos

Pc = Precio de bienes complementarios.

La curva de demanda muestra el máximo precio que un individuo está dispuesto a pagar por distintas cantidades de un bien por unidad de tiempo, manteniendo constante el valor de todas las demás variables que afectan la decisión. La curva de demanda refleja entonces la disposición a pagar. Las variaciones en la cantidad demandada son movimientos a lo largo de la curva y son resultado de cambios en su propio precio.

Los desplazamientos de la curva de demanda se deben a cambios en las variables que la determinan diferentes al precio. En el caso del agua potable para ciertos usos domésticos, no existen bienes sustitutos, por ejemplo: para aseo personal, preparación de alimentos, aseo de la ropa, etc. Sin embargo, para consumo directo se podría considerar que el agua embotellada, los refrescos, etc. son bienes sustitutos. Por lo anterior, cuando el precio de algunos de estos bienes aumenta, la demanda por agua potable aumentaría también.

Existe una gran cantidad de bienes complementarios para diferentes usos domésticos (jabón, café, té, detergentes, sistemas de riego de jardín, etc.), sin embargo, prácticamente no afectan el consumo de agua potable cuando cambia el precio de alguno de estos bienes.

Pero un cambio en el ingreso de los consumidores sí modifica la curva de demanda del agua potable. El recurso se considera un bien normal, lo que significa que si aumenta el ingreso, se incrementa la demanda por agua potable.

Cada punto de la curva de demanda indica la máxima disposición a pagar de una persona por consumir una cantidad adicional de un bien, por lo tanto representa, el valor que le asigna un consumidor a dichas unidades.

Se puede concluir que los consumidores toman decisiones con base en costos y beneficios, si consumir la siguiente unidad le cuesta más de lo que le beneficia, entonces decidirá no consumirla.

Por tanto, la curva de demanda individual de agua potable representa el Beneficio o Valor Marginal Privado (BMgP) de consumir metros cúbicos adicionales de agua por unidad de tiempo. Asimismo, el beneficio o el valor total que recibe un demandante por consumir  $Q_0$  metros cúbicos de agua por unidad de tiempo, es igual al área bajo la curva de demanda.

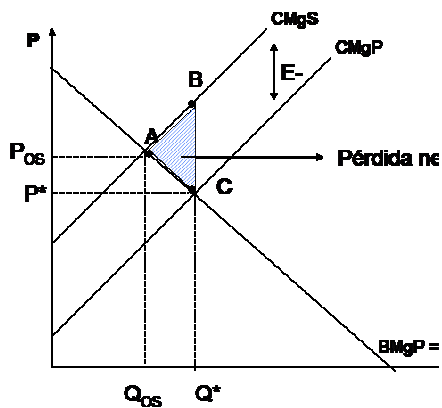
Cuando una persona decide consumir una unidad adicional de un bien, obtiene por ello un beneficio o un valor adicional, el cual se ha definido como beneficio o valor marginal privado. Se considera privado, porque la persona que recibe el beneficio es el propio consumidor; sin embargo, por el simple hecho de que éste individuo haya aumentado su nivel de bienestar por haber consumido un metro cúbico de agua adicional por unidad de tiempo, se beneficia toda la sociedad, ya que ha aumentado su nivel de bienestar.

El nivel de bienestar de una sociedad es igual a la suma del bienestar de cada uno de los miembros de dicha sociedad y por lo tanto, si el bienestar de uno de los miembros de la sociedad aumenta en cierta cantidad sin que disminuya la de otro, entonces el nivel de bienestar de la sociedad aumenta exactamente igual al incremento en el bienestar del individuo.

Bajo el supuesto de que no se afecta el nivel de bienestar de algún otro miembro de la sociedad (Óptimo de Pareto, favor de ver sección 2.5), cuando una persona consume un metro cúbico de agua adicional, entonces la curva de demanda individual no sólo es igual al beneficio marginal privado, sino también representa el beneficio marginal social.

$$D = BMgP = BMgS$$

Demanda de mercado.- Para el caso del agua potable, la demanda de mercado se obtiene sumando horizontalmente las demandas individuales de los miembros de una sociedad, es decir a diferentes precios se suman las cantidades demandadas. Como la curva de demanda de mercado es igual a la suma de las demandas individuales de toda la sociedad, se puede concluir que el valor que tiene el agua para los usuarios domésticos, es igual al área bajo la curva de demanda de mercado, la cual resume las curvas de beneficio o valor marginal social de las diferentes unidades que se consumen.



Gráfica N° 3.4 Beneficio Marginal y Costo Marginal con Externalidad

Elasticidad precio de la demanda.- Muestra en cuánto cambia la cantidad demandada ante una variación en el precio. Este concepto es de suma importancia en agua potable, ya que el valor que tienen para la sociedad diferentes unidades consumidas de este bien, dependerá de que tan elástica sea la curva de demanda en diferentes puntos.

$$E_{Px} = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad}}{\text{Cambio porcentual en el precio}}$$

La elasticidad precio de la demanda por agua potable es negativa, pero se considera y se ha demostrado en diferentes estudios en distintos países, que es relativamente inelástica. Lo anterior se debe a que este bien prácticamente no tienen sustitutos en diferentes usos domésticos y la proporción del gasto en este líquido para las diferentes familias (aún para las de menores ingresos) es relativamente pequeña en comparación a otros bienes y servicios (transporte urbano por ejemplo).

Cálculo de la curva de demanda.- La demanda por agua potable, se puede calcular de tres maneras distintas:

- mediante la aplicación de modelos econométricos;
- aplicando el valor de la elasticidad a un punto conocido de la curva de demanda, o bien aplicando el valor de la elasticidad de la demanda al costo medio de suministro;
- extrapolando la curva de demanda con dos o más puntos conocidos.

a.- Modelos Econométricos.- Formalmente se utiliza la econometría como una herramienta confiable, no obstante se requiere de una gran cantidad de información y que ésta sea confiable y de buena calidad.

Enseguida describimos brevemente el modelo empleado por CNA, y sus principales resultados: Demanda = Oferta

$$D = S \quad \begin{aligned} D &= a_1 + b_1P + c_1Y + U_1 \\ S &= a_2 + b_2P + c_2CP + U_2 \end{aligned}$$

Donde:

D = Demanda

S = Oferta

P = Precio

Y = Ingreso per capita de la población

CP= Costo de Producción

$U_i$  = Perturbación estocástica

La relevancia del modelo está en la conexión entre las ecuaciones estimadas, usando los datos observados y las relaciones teóricas postuladas por la teoría económica. La cantidad demandada no es observable fácilmente, por lo que se considera que no existen restricciones de oferta, de modo que toda la cantidad del bien que se desea comprar se consigue, dándose la igualdad entre la demanda y la cantidad ofrecida (equilibrio Oferta-Demanda).

Puesto que el agua está considerada como un bien público, se infiere que el comportamiento del sector agua potable es como un mercado de competencia perfecta. Tomando en cuenta ese comportamiento de mercado y que el cobro de tarifas en México pretende sólo recuperar financieramente los costos de producción, el costo medio es igual al precio, de modo que al multiplicar precio por cantidad se obtiene el costo total que es igual al ingreso del sector. El precio que se obtiene es el precio de mercado que está implícito en los costos del sector, aunque la población no pague por el servicio, ni corresponda a un análisis económico sustentable.

La preocupación por una administración eficiente del agua de uso doméstico ha incentivado diversos estudios que tratan de determinar la elasticidad precio de la demanda de agua. En México, al igual que en otros países latinoamericanos, la observancia de un consumo que excede las posibilidades de abastecimiento por parte de los organismos ha planteado a los economistas la necesidad de buscar instrumentos más efectivos de demanda que faciliten el manejo del recurso.

Generalmente se estima la función de demanda de agua de uso urbano utilizando técnicas econométricas. Como resultados principales de esos estudios se encuentran: que los usuarios que enfrentan precios de agua por bloques tienen una mayor sensibilidad ante variaciones en el precio, comparado con aquellos que consumen bajo tarifas fijas; de manera adicional se ha encontrado, utilizando las elasticidades cruzadas, que cuanto más alto sea el bloque de consumo, más elástico resulta ante cambios en el precio. Enseguida se presentan los valores de elasticidad al precio encontrados:

Para los asalariados, la elasticidad-precio de la demanda resultó de -0.21, la elasticidad-precio de la oferta de 0.22 y la elasticidad-costo de 0.1442 con un año de rezago.

P	D	S	C*	
1.00	-0.21	0.22	0.14	P es la variación % del precio
5.00	-1.05	1.10	0.72	DA es la variación % de la demanda de agua potable
10.00	-2.10	2.20	1.44	SA es la variación % de la oferta de agua potable
15.00	-3.15	3.30	2.16	C* es la variación % del costo total del sector productor
20.00	-4.20	4.40	2.88	de agua con un año de rezago
25.00	-5.25	5.50	3.61	

Fuente: Elaboración de José Luis Montesillo, CNA (IMTA), 1996.

**Tabla No. 3.2 Valores de la Elasticidad a las variaciones del Precio**

Cabe señalar que el Instituto Nacional de Ecología, en el estudio "Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México" (INE-DGIPEA/01/03 de marzo del 2003, obtiene valores de la elasticidad precio de la demanda que varían entre -0.22 y -0.58, para sistemas del Estado de México.

Los resultados obtenidos manifiestan que la mejor manera de lograr un uso más racional del agua es mediante la política de precios. Sin embargo, si la distribución del recurso se hiciera mediante precios, se tendrían que considerar los niveles de ingreso de la población, los costos de oportunidad y los niveles de demanda.

b.- Determinación de un punto de la curva y aplicación de la Elasticidad.- La Comisión Nacional de Agua (CNA) ha realizado estudios para calcular una función de demanda de agua potable para distintas regiones del país y para usuarios domésticos y no domésticos. Dicha función es la siguiente:

$Q = A P^e$  Donde: Q = Consumo de m<sup>3</sup>/ mes.

A = Constante que define la curva de demanda, respecto a la máxima disposición a pagar de cada tipo de usuario.

P = Precio por m<sup>3</sup>.

e = Elasticidad de la demanda para la región donde se ubica la ciudad en estudio.

También conociendo la elasticidad-precio de la demanda(e), el costo unitario medio (CM<sub>e</sub>) de producir agua potable (generalmente conocido en México), se puede calcular el costo marginal CMg de suministrar un metro cúbico adicional de agua potable, con la siguiente fórmula:

$$CMg = CMe(1 + 1/e)$$

c.- Estimación de dos puntos de la curva de demanda.- La estimación del valor del agua para uso urbano o doméstico, se puede también estimar mediante el cálculo de la disposición a pagar de los consumidores por contar con el bien o servicio de agua. Se construye una curva de demanda lineal basada en dos puntos: el primero, se puede estimar mediante el análisis de los consumos medidos y tarifas variables que pagan los consumidores por el servicio, y el segundo, mediante la aplicación de encuestas a la población que se abastece con otras fuentes diferentes a la red de distribución (acarreo o pipas), o algún otro método confiable.



### 3.5.1.3.- Valor Económico del Agua en el Uso Industrial

El valor del agua en el uso industrial es el que asignan los productores de bienes y servicios por utilizar este insumo en sus procesos productivos. Por lo tanto, la disposición a pagar por el agua en el uso industrial es una demanda derivada, es decir que no se consume el bien en sí mismo, sino para usarlo en la producción de bienes y servicios, que finalmente son los que el productor vende en el mercado y del cual deriva su utilidad económica. Así, un productor utilizará una unidad adicional del insumo si su costo es menor que el ingreso que agrega, derivado de la venta del producto adicional: valor del producto marginal (VPMg)

$$Qd = P * PMg = \text{Valor del producto marginal}$$

donde: P = Precio del bien que produce la empresa  
 PMg = Producto marginal del insumo de producción

Se utiliza el método de las preferencias reveladas, que consiste en tomar datos en la industria de consumos de agua y de tarifas o costos que enfrentan en cada caso, tanto las industrias que se encuentran conectados a la red de agua, como las que se abastecen por fuentes propias y las que utilizan aguas tratadas. Estos datos generan un mapa de puntos a partir de los datos observados; se procede enseguida a ajustar la curva que será la función de demanda que permitirá determinar el valor del agua para el uso industrial.

La sustitución entre factores de producción depende de la tecnología misma; si existen sustitutos muy cercanos entre sí, cuando el precio del agua aumenta, su consumo disminuye considerablemente. Si no existe sustituto, los cambios en el precio del insumo provocarán un efecto en la cantidad demandada, dependerá de los márgenes de utilidad que determinarán si es sostenible ese nivel de consumo.

En la medida en que los consumidores perciban el incremento en el precio como una medida permanente sin perspectivas de revertirse, podrán buscar fuentes alternativas de abastecimiento, lo que reducirá su consumo de agua potable, y por ello aumentará la elasticidad de su demanda

La intensidad relativa del agua en los costos de producción	Más elástica
Sustitutos para el agua en el proceso productivo	Más elástica
Percepción de la permanencia de los incrementos en precios del agua	Más elástica

**Tabla No. 3.3. Elasticidad para diversos procesos industriales.**

Dentro de las empresas intensivas en el uso del agua por unidad producida, están por ejemplo la de alimentos y bebidas, textiles, papel, energía eléctrica, petroquímica, entre otras; por su parte, las industrias no intensivas son las que pueden sustituir con relativa facilidad el insumo agua por otro, tal es el caso de la industria del vestido, electrónica, maquiladoras y ensambladoras de automóviles.

Existen otros efectos, provocados por las externalidades que ya se han mencionado, cuando se utiliza el agua en la producción industrial. Tal es el caso de la contaminación del recurso y medio ambiente por aguas residuales con componentes industriales que pueden generar los siguientes problemas:

- Efectos en otras actividades productivas. Actividades como la agricultura, ganadería, pesca, turismo, entre otras, pueden verse afectadas cuando se introducen residuos industriales en los ríos que tienen relación con las actividades mencionadas. En este caso, los receptores de la externalidad pueden ver disminuidos sus excedentes netos de producción.

- Efectos en actividades no productivas. En este caso se trata de efectos en los precios de los bienes inmuebles por el simple hecho de estar en la vecindad del río, lago o mar contaminado. Este efecto se puede valorar a través del método de precios hedónicos que establece que las diferencias en los precios provienen de los atributos de los bienes, por lo que se utilizan dos bienes con las mismas características, excepto la ubicación, uno en un ambiente no contaminado, y el segundo en el contaminado. La diferencia en los precios de ambas propiedades es el valor de la externalidad.

- Efectos en la salud. La exposición permanente a residuos industriales, así como la ingestión de éstos, a través del agua contaminada, genera problemas de salud a la población que habita en la cercanía de donde se emiten los residuos o del cuerpo receptor de éstos. Dichos efectos pueden variar desde irritación en los ojos, enfermedades cutáneas, gastrointestinales y, en casos extremos, cuando se trata de residuos industriales peligrosos, puede provocar hasta la muerte. Si bien es difícil identificar los casos extremos, es posible aproximar el costo de estos efectos a través de estimar los costos en los que incurre la sociedad tanto por los días no laborados o perdidos de escuela en el caso de los niños, como por los costos por atención médica de los pacientes afectados.

- Efectos en el medio ambiente mismo. Estos efectos son los que se generan sobre el deterioro de una especie, un ecosistema, o un bien ambiental en general. A pesar de que se han desarrollado algunas metodologías que se abocan a estimar el valor que este tipo de bienes tiene para la sociedad, resulta difícil aplicarlas cuando se trata por ejemplo de un deterioro parcial que en muchas ocasiones es difícil de cuantificar. Es por ello que generalmente se mantienen como intangibles.

Dado que por sus características de bien común, el medio ambiente no tiene un mercado propiamente y por lo tanto un precio, es difícil cuantificar y valorar en términos monetarios en forma directa, el deterioro que genera el uso industrial del agua en el medio ambiente. Una forma alternativa es considerar el costo de dar tratamiento a las aguas residuales industriales.

Específicamente se estimará el promedio del costo de operación por metro cúbico tratado en las plantas de tratamiento ubicadas en los parques industriales y en las ciudades con una alta participación industrial.

Si bien esta estimación es muy general, es importante mencionar que el costo de tratamiento de aguas industriales depende de sus componentes, lo cual es independiente de la intensidad de uso del agua como insumo en la producción. De esta forma, sería necesario realizar una estimación, caso por caso, lo cual sería extremadamente costoso y difícil de realizar en el corto plazo.

El valor de la externalidad que genera cada industria, es un insumo indispensable para la tarificación, ya que serviría para asignar el agua eficientemente, es decir, para asignar el recurso a aquel usuario cuyo valor de uso es mayor.

### **3.5.2.- Beneficios Netos de los Flujos de Retorno.**

Los flujos de retorno del agua que se ha extraído para los usos urbanos, industriales y agrícolas, constituyen un elemento vital de muchos sistemas hidrológicos, por lo que los efectos de esos flujos debe tomarse en consideración al estimar el costo y valor del agua. Por ejemplo, una parte del agua que se extrae para irrigación puede recargar el acuífero en la región y/o incrementar los retornos hacia los canales o ríos aguas abajo. Sin embargo, los beneficios de los flujos de retorno dependerán en forma crítica en la proporción del agua que se evapora, debido a los canales y drenes abiertos, o a otros sumideros.

### **3.5.3.- Beneficios Netos del Uso Indirecto.**

El caso típico de estos beneficios ocurre cuando los esquemas de irrigación proveen agua para el uso doméstico o para el ganado, lo que puede resultar en mejores condiciones de salud y mayores ingresos para los habitantes rurales de bajos ingresos. Por ejemplo, en áreas donde el agua subterránea es salina, los canales de irrigación no solo suministran agua para el uso doméstico y consumo del ganado, sino que además el agua de los canales recarga el acuífero, lo que hace posible extraerla con simples bombas de mano y en pozos someros o norias. Además los canales de riego en ocasiones proporcionan agua para el mantenimiento de la flora y fauna silvestres y otro tipo de beneficios. Así, en algunos canales se aprovechan para la instalación de pequeñas microplantas de generación de energía. Estos beneficios indirectos deben tomarse en cuenta al estimar el Valor en Uso del Agua que se extrae para usos agrícolas. Ignorar estos beneficios podría resultar en una subestimación seria de los mismos.

Por otra parte, es sabido que el riego tiene algunos impactos ambientales y sociales negativos que resultan en decremento en el bienestar de las familias. Tales consecuencias adversas incluyen, entre otras, saturación y salinización de los suelos, así como contaminación del agua por agroquímicos o por ciertas enfermedades hídricas.

Estos impactos ambientales pueden considerarse ya sea en términos de beneficios negativos al estimar el valor del agua en la agricultura, como el componente de externalidades al calcular el Costo Total del Agua.

#### **3.5.4.- Ajuste por Objetivos Sociales.**

En el caso de la utilización del agua en los sectores doméstico e industrial, pueden hacerse ajustes para tomar en cuenta objetivos sociales tales como el alivio a la pobreza, la creación de empleos y la seguridad alimentaria (particularmente en áreas rurales, donde los precios de los granos tienen a ser altos en ausencia de la producción adicional generada por la irrigación, y en donde puede ser difícil el suministro de granos importados).

Tales ajustes deben agregarse al Valor del Agua en la misma forma que en el caso de los beneficios indirectos. Por otra parte, se debe ser cuidadoso, considerando exhaustivamente las alternativas existentes para alcanzar esas metas sociales. La estimación de estos valores no debe ser arbitraria, sino determinarse con base en los mejores métodos disponibles para definir la ganancia real de la sociedad derivada de los precios diferenciales entre los sectores.

#### **3.5.5.- Valor Intrínseco.**

El concepto de valor económico no asigna ningún valor a aspectos tales como el usufructo, la eventual propiedad por herencia o su mera existencia y disposición. Aunque estos valores son difíciles de estimar constituyen conceptos válidos y reflejan valores reales asociados con el uso del agua o su ausencia.

Este tipo de beneficios se divide en dos categorías mayores que pueden denominarse valores actuales y valores intrínsecos. A su vez los "valores actuales" pueden subdividirse en dos categorías: "uso directo" y "uso indirecto". Estos valores intrínsecos son difíciles de estimar, pero en algunos casos pueden considerarse como externalidades del uso del recurso y, por lo tanto, se pueden incorporar fácilmente. En otros casos, por ejemplo, el de usufructo o mayordomía, pueden ser difíciles de ubicar en el esquema conceptual.

Una forma de tratar los valores intrínsecos puede ser también la estimación de "valores hedónicos" asociados con el consumo de bienes y servicios. De esta manera es posible analizar el comportamiento real de los consumidores para definir que tan deseables son ciertos valores intrínsecos, tales como una "vista del agua" y "paisajes verdes", que en ocasiones están asociadas con las obras de riego, o con requisitos de flujos mínimos o de calidad ambiental.

La administración integral del recurso agua: su regulación, control y manejo racional y efectivo, así como las reglas claras para la asignación, aprovechamiento y explotación de los recursos hidráulicos, en base a criterios de sustentabilidad y económicos, se han convertido en una necesidad prioritaria para el país y en particular para todos aquellos sectores socio-económicos, que dependen críticamente del agua, para continuar su ritmo y nivel de desarrollo.

Una administración eficiente y equitativa de la oferta y demanda del recurso, permite a los sectores usuarios desarrollar sus actividades productivas eficazmente y obtener ahorros a mediano y largo plazo. Asimismo, la eficiencia estimula el uso y desarrollo de tecnología que aumenta la productividad, reduce los costos de producción y confiere altos niveles de competitividad industrial al país. En general, una asignación y uso racional de los recursos, evita conflictos distributivos, productivos y socio-políticos, y fortalece el desarrollo socioeconómico de los países.

Por estas razones, se ha llegado a nivel mundial y particularmente en México a una situación en la que los problemas relacionados con el agua se han convertido en un factor limitante para el desarrollo económico y social sustentable, incluidos todos los sectores de la economía y actividad humana. Por lo cual es muy importante reconocer la importancia que tiene el uso eficiente del agua y la protección del medio ambiente.

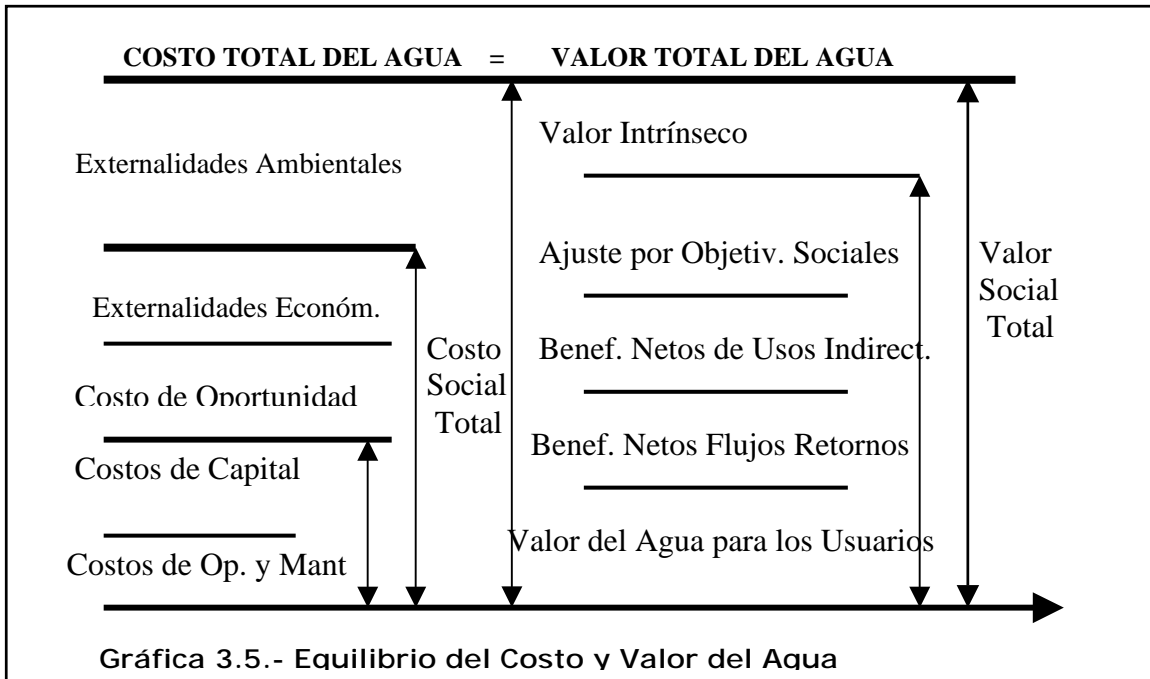
El antiguo concepto de considerar al agua como recurso abundante, bien público subsidiado indiscriminadamente y elemento de asistencia social, que trajo como consecuencias la sobreexplotación de los recursos y el deterioro de su calidad, está cambiando por el concepto de agua como bien económico, por lo que es urgente la promoción de la nueva cultura del cuidado del agua como recurso escaso, y la implementación de una serie de cambios en la legislación y normatividad de su aprovechamiento, que aseguren su uso racional, eficiente y equitativo, y permita su viabilidad financiera, y sobre todo su manejo sustentable.

De esa manera, el agua o más propiamente los servicios que están ligados al recurso, al gestionarse como bien económico, tienden mundialmente a manejarse bajo las fuerzas de oferta y demanda de mercado, mediante la transacción de los derechos, con esquemas que por sí mismos autocorrijan los precios, hasta lograr que reflejen su valor real, correspondiente al grado de escasez y que tomen en cuenta todos los costos, tanto por tasas o derechos de aprovechamiento en función de los diferentes usos, como los costos de oportunidad, los costos de preservación de su calidad y los costos de producción y suministro.

### **3.6.- Equilibrio Valor y Costo del Recurso (Balance de Oferta y Demanda)**

En el equilibrio económico, el Valor Total del Agua deberá ser igual al Costo Total del Agua. Cuando eso se cumple, el modelo de teoría económica clásica indica que se alcanza el máximo Bienestar Social.

Es por tanto muy importante estimar bien el costo económico total del agua, o en su caso el valor social total. Con la determinación de alguno de los dos montos, el que se considere más fácil de calcular o que sus datos disponibles sean más confiables. Por ejemplo, con los costos totales calculados y aplicando la igualdad que se alcanza en el equilibrio, al alcanzarse el bienestar económico, se puede determinar el valor social del recurso; o viceversa, disponiendo de los datos confiables para determinar su valor social, se puede encontrar su costo económico.



Fuente: (*Water as a Social and Economic Good*, by Peter Rogers)

### 3.7.- Precios del Agua.

En términos teóricos, el bienestar se maximiza cuando el agua es cobrada a su costo marginal. Es decir cuando el precio que se cobra por el uso del recurso se iguala al costo marginal de largo plazo, y se utiliza hasta que ese costo se iguala al beneficio marginal.

Por tanto, es también muy importante el concepto de precio del agua, que detallaremos en la siguiente sección, así como la elasticidad precio de la demanda, que se refiere a un cambio en el uso del recurso ante un cambio en el precio, como ya vimos en la Teoría Económica y en la sección anterior del Valor Económico del Agua para Uso Urbano o Doméstico.

El precio del agua para un consumidor es el monto máximo que puede pagar por el uso del recurso. Para los bienes económicos comunes que se intercambian entre compradores y vendedores, el precio puede ser medido mediante el cálculo del área bajo la curva de demanda, pero en el caso del agua donde no existe el mercado o es imperfecto, no es fácil determinar cual es el precio del recurso para los diferentes usos.

#### 3.7.1.- Mecanismos para la Fijación de Precios (Tarifas).

Existen diferentes mecanismos de precios que pueden ser utilizados:

a.- precio por volumen, basado en la medición y registro del tiempo de uso de un flujo conocido,

b.- precio por área o estación del año,

c.- precio por bloque, consistente en precios diferenciados para cantidades de agua utilizadas,

d.-precio por volumen en dos etapas, una donde se paga por cada unidad de agua empleada y otra que corresponde a un cargo anual que pretende recuperar los costos fijos que involucra la provisión del servicio.

En general el sistema de precios por volumen es el que logra el máximo beneficio neto, es decir alcanza una eficiencia mayor al de los otros sistemas.

**3.7.2.- Nuevos Objetivos Tarifarios.-** La mayoría de los países de la OECD están progresando hacia sistemas de precios de agua que reflejen mejor los costos marginales sociales para proveer el servicio, estimular la eficiencia económica y lograr un uso sustentable de los recursos hídricos. Parece que existe un movimiento general para alejarse de los precios de servicios de agua orientados a generar ingresos al gobierno, y dirigirse más bien hacia el uso de tarifas destinadas a alcanzar un rango más amplio de objetivos económicos, ambientales y sociales.

También parece que se propicia un mayor apego a ajustar los elementos particulares de la estructura de precios del agua (cargos por conexión, cargos fijos y por volumen, etc.), que pueden ser usados para alcanzar objetivos específicos de política. Difieren las rutas tomadas por países individuales para alcanzar esas metas, resultado de diferencias en su condición general, la disponibilidad y oferta de agua, su cultura y su contexto político. A pesar de esas diferencias, se presentan algunas tendencias comunes.

Las instituciones encargadas de la disposición y oferta de agua pública han experimentado reformas significativas a lo largo de los años: un desplazamiento en el papel de los gobiernos, alejándose de una simple condición de suministro, hasta convertirse en un regulador de servicios de agua. Esto también ha sido complementado con un papel más importante para el sector privado; ya que hasta ahora la mayoría de los países han optado por el modelo de concesión, donde éste participa manejando algunos servicios, y el sector público retiene el control y la propiedad del sistema.

No existe ningún caso de propiedad privada total de los sistemas, pues pueden resultar en monopolio, como ha sido característico en los servicios de agua.

**3.7.3.- Estructura de precios.-** Considerando las particularidades de los sistemas de oferta y disposición de agua, así como de las diferentes condiciones institucionales y culturales en que operan las políticas de precios de agua, no es de sorprender la enorme variación en las estructuras de precios en los países miembros de la OECD. En el caso de los ingresos provenientes de cargos por uso habitacional, por lo general mantienen una estructura que comprende sistemas de bloques crecientes, tarifas con tasa fija predominante, más otros cargos mediante diversas formas de medición, e inclusive la recuperación de costos por el servicio de agua a través del sistema impositivo general.

No obstante lo anterior, en varios países miembros de la OECD se ha apreciado un movimiento general para alejarse de estructuras de bloques crecientes con precios fijos para el sector doméstico, hacia alguna forma de tarifa volumétrica o de bloques tarifarios crecientes. La mayoría de los países usan tarifas duales (con componentes fijos más los volumétricos), donde el peso de la parte volumétrica alcanza cuando menos el 75.0% de la facturación por agua. Estas modificaciones eventualmente están conduciendo a una mejor expresión de costos marginales en los precios del agua y, hacia mayores incentivos para conservar el líquido.

Con todo, en la medida que los costos de suministros y desalojo de los desechos de agua aumenta, el balance costo-beneficio por metro habitacional individual (inclusive para departamentos) se orienta hacia su medición en términos económicos y ambientales. La medición del consumo de agua en los hogares puede ser deseable por razones de equidad, y para permitir cargos volumétricos que reflejen mejor los costos de agua consumida por cada familia. Los países miembros de la OECD así lo han entendido, y han aumentado el número de los consumidores sujetos a la medición de agua. Durante la última década, de hecho, se aprecia que hay cerca de dos terceras partes de los países miembros que ahora miden el consumo de más del 90.0% de las familias usuarias. Algunos países están expandiendo también sus prácticas de medición a los departamentos individuales.

Niveles de precio del líquido.- Como consecuencia de lo arriba señalado, los precios del agua disponible, incluida la de saneamiento, se han incrementado de manera significativa durante la última década en los países de la OECD. De entre el total de los miembros, 17 de los 18 países para los que existe suficiente información, mostraron precios crecientes de agua, y seis mostraron tasas promedio de precios con incrementos del 6.0% o más al año.

También se han elevado los cargos por saneamiento conforme lo han hecho los costos de tratamiento que enfrentan los proveedores del servicio. Por tal motivo, algunos países se han orientado a recuperar dichos costos a través de cargos volumétricos, diferentes a los correspondientes a la oferta del servicio.

De la misma manera que sucede con las estructuras de precios, los países de la OECD muestran un amplio espectro de prácticas concernientes a la aplicación de impuestos sobre los servicios relacionados con el agua. El IVA es el impuesto más comúnmente cobrado, con tasas que a veces exceden el 20.0%.

Por disposición legal éste se aplica a numerosas familias en cuando menos 11 países miembros, y su aplicación se discute en otros tantos. Los cargos por contaminación, por su parte, se utilizan en 7 países, y están en discusión en algunos más. Un conjunto de otros impuestos y cargos –algunos con propósitos ambientales- se utilizan también en los servicios de agua de uso doméstico.

En los países de la OECD, se manifiesta una aceptación creciente por alcanzar costos de recuperación totales en los servicios de agua en los hogares.



La mayoría de estos países ya han adoptado (o están en ese proceso) el criterio de "recuperación total de costos", como un principio operativo en el manejo de los sistemas de suministro de agua. Sin embargo, hay diferencias significativas en la definición de cuales de los costos deben ser incluidos bajo este principio.

La definición del principio de recuperación total de costos, en consecuencia, ha sido acompañada de reducciones significativas en los subsidios directos, y en los subsidios cruzados entre grupos de usuarios. Inclusive donde todavía existen subsidios ahora es mucho mayor el énfasis en hacer que estos sean transparentes, y orientados de mejor manera hacia los objetivos deseados. La reducción de subsidios a los usuarios del servicio de agua no sólo cubre los objetivos de recuperación de costos, sino también el problema de alcanzar una mayor calidad y estabilidad en el servicio en el largo plazo.

Por su parte la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo, establece el marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, estableciendo la obligatoriedad de los Estados miembros a garantizar la recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua a más tardar en 2010. Para lo cual señala que la política de precios del agua deberá incluir las medidas necesarias para fomentar un uso eficaz y sostenible del agua y los incentivos adecuados para que los usuarios utilicen de forma eficiente los recursos hídricos.

Actualmente se debate con intensidad los detalles de la normatividad comunitaria, con fuertes presiones de los organismos ecologistas para que las tarifas incluyan los costos reales del ciclo completo del agua para posibilitar la modernización de los sistemas; fomenten la adecuación de la calidad del agua utilizada al uso que se destina; se restrinjan las subvenciones sólo a casos probadamente justificados, debiendo aplicarse con transparencia meridiana y mecanismos de control, eliminando cualquier posibilidad de precios políticos.

Las tendencias anteriores reflejan una orientación creciente a incorporar objetivos económicos, sociales y ambientales a las estructuras de precios del agua. El creciente uso de tarifas volumétricas puede mejorar la eficiencia económica, a través del cobro de costos por unidad al usuario, e incluir objetivos de equidad mediante cargos a los consumidores de acuerdo a su nivel de consumo. Similarmente, la reducción de subsidios pueden derivar en una mayor estabilidad financiera en el suministro del servicio de agua, así como estimular el ahorro del líquido por parte de los consumidores. El uso creciente de tarifas asociado a bloques volumétricos también tiene la ventaja que promueve la conservación del agua y contribuye a la disponibilidad del servicio a familias de bajos ingresos.

**3.7.4.- Los Precios del Agua en México.-** Una vez conocido el valor económico del agua o su costo marginal de producción, un factor esencial para mantener el recurso sustentable y la capacidad operacional del sistema, es el establecimiento de un adecuado sistema de precios. En donde el precio a pagar por el usuario del recurso refleje la escasez y proporcione la información clara y suficiente de los conceptos considerados para mantener el recurso a niveles sustentables. Sólo así las demandas del recurso podrán satisfacerse con eficiencia económica y social.

En México, la CNA ha establecido derechos de agua en bloque que dependen del tipo de uso, pero desafortunadamente no reflejan la escasez del recurso y por el contrario están ampliamente subsidiados, principalmente los usos agrícolas, que representan el principal consumidor.

La agricultura de riego utiliza el 76% del agua extraída en el país. Es claro que ese tipo de subsidios al sector agrícola, hasta llegar a eximirlo totalmente del cobro de cuotas por el uso del agua, sólo genera desperdicios e ineficiencias de tipo económico. Los problemas para ajustar las políticas de derechos de agua para riego se deben principalmente a fuertes presiones políticas.

Además de que el agua es gratuita para actividades agrícolas, la electricidad para bombeo está también fuertemente subsidiada, lo cual induce aún más al desperdicio y manejo ineficiente del recurso en este sector. Lo peor es que no obstante estos subsidios, el sector agrícola es el más empobrecido del país, lo que confirma que este tipo de medidas no solucionan la distribución de ingresos y por el contrario generan ineficiencias económicas y graves desperdicios.

Para tratar de compensar en parte, con una especie de subsidio cruzado, al uso del sector industrial se le carga una contribución mayor, aunque la contribución sólo alcanza a cubrir el costo de suministro.

Las tarifas que se cobran a los organismos operadores de agua potable no tienen una estructura homogénea y varían de un operador a otro; pero el principal defecto es que ni siquiera alcanzan para cubrir los costos de suministro, ya no se diga considerar los costos de oportunidad del recurso o las externalidades económicas y ambientales correspondientes.

El mayor problema es que a su vez los usuarios de los servicios municipales no cubren las cuotas por el servicio, ocasionando cuentas incobrables importantes por su monto, debido a que los organismos operadores no pueden desconectar a los usuarios morosos del sistema.

Es decir, la estructura de las tarifas existente en las principales ciudades del país, dista mucho de reflejar el costo marginal del servicio. A su vez, por la falta de recursos suficientes para la operación, los sistemas se van deteriorando por la falta de mantenimiento adecuado y la oportuna ampliación de la infraestructura necesaria, deteriorándose el servicio debido a su ineficiente distribución, medición y facturación.

Esto explica parcialmente las fugas y desperdicios que caracterizan a la mayoría de los sistemas nacionales.

Es evidente que la estructura de precios en el país está fuertemente influenciada por el marco institucional que rige el aprovechamiento de las aguas nacionales, el cual transfiere subsidios a sectores de la población tales como el sector agrícola y los centros urbanos. Es decir, esta realidad obedece a que los derechos de propiedad del agua no están eficientemente asignados.

El monto de los derechos anuales se calculaba hasta hace pocos años en función del presupuesto asignado a la CNA para la operación y conservación de la infraestructura hidráulica y del volumen de agua concesionado por la dependencia. Es decir sólo cumplía un propósito presupuestal, sin importar el valor económico y sustentable del recurso, ni su costo, o su deterioro de calidad.

Es decir, aún no existe en México un sistema de precios que aseguren la explotación eficiente del agua y que generen los recursos necesarios para mantener el vital líquido sustentable y los niveles económicamente óptimos de explotación de los mantos acuíferos.

### **3.8.- Externalidades del Recurso Agua como Fallas del Mercado Nacional.**

La noción de externalidades resulta especialmente interesante en relación con el análisis del bienestar social, ya que cuando se presentan, los beneficios o costos percibidos difieren de los verdaderos costos sociales, razón por la cual a veces no se logra una asignación social y económicamente óptima de los recursos.

Las externalidades surgen cuando al realizarse una actividad económica, ésta afecta incidentalmente el bienestar de terceros que no participan en la misma sin pagar ni recibir compensación por ello –es decir, sin ser considerados en el precio-, lo cual implica que la parte emisora no tiene incentivos para tomar en cuenta el efecto benéfico o perjudicial sobre la parte afectada.

Según la teoría económica, las externalidades persisten debido a que el mercado carece de mecanismos que permitan determinar precios para las variables interdependientes. Esto es debido a tres causas principales:

- los mercados potenciales para internalizarlas, para tomarlas explícitamente en cuenta en el cálculo económico, son muy pequeños, difíciles y costosos de operar, y no hay suficientes unidades económicas dispuestas a participar en ese mercado,
- los agentes económicos desconocen o no tienen información sobre la existencia de esas externalidades, de sus causas y consecuencias, o la información es parcial y/o conocida sólo por algunos de ellos, y
- la generación de externalidades está asociada al uso de recursos, bienes y servicios considerados públicos o libres –es decir, nadie puede apropiarse de ellos-, como es el caso del agua

Las externalidades del recurso agua surgen en primera instancia, por el hecho de que el recurso ha sido considerado por mucho tiempo un bien natural que puede ser usado sin que sea necesario pagar por ello, o porque el consumo que un individuo hace del recurso no reduce las posibilidades de consumo por otros. Por tanto, éstas aparecen por la dificultad de apropiación del agua, lo cual provoca en los consumidores una propensión a usar al máximo el recurso, pues se obtiene a un precio muy bajo como consecuencia de que está subsidiado, al no tomarse en cuenta los costos de las externalidades ni el costo de oportunidad del recurso.

De esa manera, el esfuerzo de un individuo por maximizar el uso del líquido vital, se convierte en un efecto negativo para los demás, y sin darse cuenta un efecto negativo para él mismo, dado que ocasiona al sumarse con el efecto de la colectividad la sobreexplotación y una tendencia al agotamiento del recurso.

En materia de aguas subterráneas, la sobreexplotación de los mantos acuíferos es un problema muy grave y ampliamente extendido, ya que hay una gran dificultad para determinar por parte del organismo administrador del recurso los volúmenes de extracción eficientes y apropiados para cada usuario, además de que resulta muy complejo y a veces imposible verificar que la extracción corresponda al volumen asignado.

Como ya hemos visto las externalidades del recurso agua, se refieren a los efectos externos que sufren una o varias personas por acciones u omisiones de otras, éstas pueden ser positivas o negativas:

El caso de una externalidad positiva puede darse, por ejemplo, entre dos formas de producción. Supongamos que existe un cultivo de árboles frutales en un lugar determinado, y que vecino a éste se encuentra una empresa que extrae miel de abejas. Las abejas, para producir miel, necesitan del néctar de las flores; a su vez, para que los árboles den frutas, es necesario que exista una polinización, la cual se facilita por el movimiento de insectos de flor en flor. Por lo tanto, sin haber pagado por ello, el dueño de los árboles está beneficiándose de una externalidad positiva por el hecho de que el vecino produzca miel de abejas y tenga abejas cercanas a su cultivo. De la misma forma, el vecino está recibiendo una externalidad positiva, producida por el cultivo de árboles, por el hecho de tener cerca las flores de éstos.

Una externalidad negativa, por el contrario, genera efectos perjudiciales a quien la recibe. Por ejemplo, suponiendo un criadero de truchas, las cuales deben mantenerse en aguas limpias libres de contaminación. Pero en un lugar cercano, existe un cultivo de flores que utiliza químicos para controlar las plagas. Por el viento y las condiciones climáticas, estos químicos contaminan las fuentes de agua cercanas, por lo tanto, el criador de truchas se ve afectado por las acciones del cultivo de flores cercano; es decir, está sufriendo un efecto negativo externo.

Las externalidades se dan con mayor frecuencia en actividades relacionadas con temas ambientales. Para los activos ambientales (agua y aire) generalmente no existe un mercado para ellos, por lo tanto, no existen unos derechos de propiedad definidos. Como consecuencia de lo anterior, el mercado tampoco puede generar compensaciones económicas a los afectados.

La acción de las instituciones y una regulación ambiental clara aparecen como las soluciones para el problema de las externalidades negativas de origen ambiental. Tanto las instituciones como las regulaciones deben buscar el bienestar de la sociedad en general, sin comprometer el bienestar de generaciones futuras. Las externalidades por tanto generan efectos económicos colaterales de las acciones de unas personas sobre otras que no se expresan en un precio, es decir, que son externos al mercado.

Las externalidades surgen en los casos donde no existe un mercado para el intercambio de bienes o servicios: si existieran derechos de propiedad definidos, la empresa contaminante se vería en la obligación de pagar una cantidad determinada por el uso de las aguas como vertedero. Pero, dado que no existen derechos de propiedad sobre una gran cantidad de bienes y no se genera un mercado propio se producen entonces efectos externos al mercado que no son compensados por intercambios mercantiles. En este sentido el tratamiento económico de la externalidad se aproxima, por lo tanto, al de los bienes públicos.

Dos elementos son característicos de estos efectos externos:

- No se reflejan directamente en el sistema de precios, lo que crea alteraciones en los costos de producción, pues no son soportados por el causante de los mismos.
- No son evitables por quien los sufre o se beneficia con ellos.

La internalización es el proceso a través del cual los costos y beneficios externos son reflejados en los precios de mercado. De esta manera, la internalización de esos efectos económicos colaterales de las externalidades, usualmente se ha resuelto con la aplicación de un impuesto, que permite que esos efectos sean soportados por toda la sociedad.

Según la teoría económica, las externalidades persisten debido a que el mercado carece de mecanismos que permitan determinar precios para las variables interdependientes: Lo anterior se debe a tres causas principales:

- Los mercados potenciales para internalizarlas son muy pequeños, difíciles y costosos de operar, y no hay suficientes unidades económicas dispuestas a participar en ese mercado,
- Los agentes económicos desconocen o no tienen información sobre la existencia de esas externalidades, de sus causas y consecuencias, o la información es parcial y/o conocida sólo por algunos de ellos,
- La generación de externalidades está asociada al uso de recursos, bienes y servicios considerados públicos o libres, que corresponden a aquellos que nadie puede apropiárselos, como es el caso del agua.

De acuerdo con lo anteriormente señalado, las externalidades surgieron principalmente por el hecho de que el agua había sido considerada por mucho tiempo un bien natural abundante que podía ser usado sin que se tuviera que pagar o porque el consumo de la misma, no se consideraba que afectara o redujera las posibilidades de consumo de los demás.

Es decir las externalidades aparecen por la dificultad de apropiación del agua, lo cual provoca entre los consumidores una propensión a usar el mayor volumen posible llegando inclusive a su desperdicio, pues se obtiene gratis o a muy bajo costo. Para evitar que las transferencias del recurso generen pérdidas (o en su caso beneficios) sociales netos, la comercialización del agua tiene que hacerse dentro de un marco regulatorio que obligue a los agentes económicos a tomar en cuenta los impactos causados.

En el caso específico de los caudales de retorno, dependerá del uso del agua en cada cuenca, pero se puede generalizar exigiendo que el usuario poseedor de la concesión quede comprometido a devolver el caudal de retorno con la misma calidad original, o bien en su caso cubrir los costos equivalentes de tratamiento en la tarifa volumétrica de la concesión anual del recurso.

De esta manera se puede alcanzar un adecuado nivel de protección de los derechos basados en el caudal de retorno y minimizar los costos de transacción:

- utilizando el método de derechos consuntivos históricos en las cuencas donde el caudal de retorno es significativo y los derechos de muchos usuarios dependen de él, o bien empleando tasas de equivalencia preestablecidas para reducir los costos de transacción, o en su caso

- utilizando el método de derechos proporcionales en las cuencas donde el caudal de retorno es de menor importancia y en zonas servidas por grandes sistemas de distribución, capaces de garantizar un alto grado de control hidráulico.

### **3.9.- Resumen y Conclusiones**

Para que exista un uso racional y óptimo del recurso, el precio o tarifa del agua debe ser igual a su costo económico marginal y al valor del beneficio marginal social, en ese punto se maximiza el bienestar de la sociedad. Es decir, cuando se equilibran los costos (Oferta), con los valores del beneficio social (Demanda).

El uso del agua normalmente genera externalidades, que son los efectos externos (a otros usuarios) por el uso del agua. Las externalidades más comunes son las derivadas del impacto del aprovechamiento aguas abajo cuando se contamina el recurso en su uso anterior aguas arriba. También hay externalidades debido a la sobreexplotación o contaminación de una fuente como lagos o acuíferos.

La noción de externalidad, resulta muy importante para el análisis del bienestar social, ya que generan beneficios o costos que no son percibidos por los agentes privados, difiriendo entonces de los verdaderos costos sociales, razón por la que generalmente no puede lograrse una asignación eficiente y óptima del recurso.

El procedimiento estándar para tratar las externalidades es mediante la definición de un sistema para cuantificar e integrar los costos o beneficios que generan, conocido técnicamente como "internalizar".

El aprovechamiento del agua implica un costo económico que se integra con:

*el Costo de Suministro*, que incluye los Costos de Capital por la infraestructura necesaria y los Costos de Operación y Mantenimiento;

*el Costo Económico Total* que además de los anteriores costos, incluye también *el Costo de Oportunidad* y los costos de las Externalidades Económicas; y

*el Costo Social Total* que suma además de los anteriores, los costos de las Externalidades Ambientales.

Por su parte el Valor Social y Sustentable del Agua depende tanto del usuario como del aprovechamiento que se le da al recurso. Los componentes son:

*el Valor Económico* integrado por cada uno de los usos alternativos, y además por los *Beneficios Netos de los Flujos de Retorno* y por los *Beneficios de los Usos Indirectos*, así como por *Ajustes por Objetivos Sociales* específicos.  
*el Valor Intrínseco*, referente al valor asociado al recurso por su simple existencia: como la belleza de un lago, la corriente de un río limpio, etc.

Como cualquier otro bien económico, el agua es escasa y tiene usos alternativos: de manera agregada se pueden establecer dos principales grupos de usos del recurso: el uso consuntivo compuesto principalmente por el uso agrícola, el doméstico y el industrial; y el uso no consuntivo, que incluye al de generación hidroeléctrica, usos recreativos, acuacultura, navegación y ecológicos. La asignación del mismo dependerá del valor que tenga para la sociedad la unidad volumétrica utilizada en cada uno de los diferentes usos.

El antiguo concepto de considerar al agua como recurso abundante, bien público subsidiado indiscriminadamente y elemento de asistencia social, que trajo como consecuencias la sobreexplotación de los recursos y el deterioro de su calidad, está cambiando por el concepto de agua como bien económico, por lo que es urgente la promoción de la nueva cultura del cuidado del agua como recurso escaso, y la implementación de una serie de cambios en la legislación y normatividad de su aprovechamiento, que aseguren su uso racional, eficiente y equitativo, permitan su viabilidad financiera, y sobre todo su manejo sustentable.

De esa manera la tendencia mundial es manejar el recurso agua como bien económico, bajo la gestión de las fuerzas de oferta y demanda del mercado, regulado por la sociedad y representantes de organismos gubernamentales integrados en consejos de cuenca, con procedimientos transparentes de valuación y establecimiento de tarifas que incluyan todos los costos para asegurar su uso sustentable.

Este capítulo esta basado principalmente en una selección y consultas de los libros:

- ❖ Economic Analysis of Projects de Lyn Squire y Herman Van der Tak , Ed.del Banco Mundial;
- ❖ 1er Seminario Técnico sobre Análisis de Costos Marginales y Tarifación de los Sectores de Electricidad y Agua Potable 1980, Editorial del Banco Interamericano de Desarrollo;
- ❖ Pautas para la Elaboración de Proyectos, ONU;
- ❖ El Cálculo de los Precios de Cuenta en la Evaluación de Proyectos, Terry A. Powers, BID;
- ❖ El Problema Económico del Agua en México, Leopoldo Solís, et al. Instituto de Investigación Económica y Social Lucas Alamán, AC;
- ❖ Economic Project Evaluation, Arnold Harberger, U. de California;
- ❖ Water as a Social and Economic Good, Peter Rogers, et al. TAC Global Water Partnership; Water Tariff Design in Developing Countries, John Boland and D. Whittington;
- ❖ Calculating Marginal Cost for Water Rates, Darwin Hall, JAI Press Inc.; Water Pricing Experiences an International Perspective, World Bank.
- ❖ Diversos estudios de la CNA, entre otros: Estudio del Costo, Valor y Precio del Agua en México, Estadísticas del Agua en México, Planeación de Acciones de Incremento y Control de la Eficiencia de Sistemas de Agua Potable IMTA;

## **Capítulo 4. –**

### **Aplicación para el caso del Valle de México**

#### **4.1.- Características Socioeconómicas Zona Metropolitana Valle de México.**

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se localiza la mayor concentración humana ubicada arriba de los dos mil metros sobre el nivel del mar y su abastecimiento de agua representa un claro ejemplo de la vulnerabilidad del equilibrio ambiental ante la creciente demanda de suelo y agua. En esta región que ocupa menos de 1% del territorio nacional, habita el 20% de la población del país que generó en el año 2000 el 31 % del PIB nacional.

En 1900 la población de la Ciudad de México representó el 4% respecto al total nacional. El fenómeno de crecimiento se vuelve explosivo a partir de los cincuentas cuando se desborda la mancha urbana hacia los municipios del Estado de México cercanos al Distrito Federal, para formar una conurbación que da forma a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

En la década de los setenta la expansión del crecimiento urbano en los municipios del Estado de México se caracterizó por el aprovechamiento de los espacios disponibles y de fácil acceso para la prestación de los servicios públicos. En esa época las tasas de crecimiento bajaron sensiblemente en todas las unidades territoriales del centro y por primera vez se observaron reacomodos dentro del área urbana, la parte central de la ciudad presentó una tasa negativa, al desplazarse parcialmente hacia los nuevos suburbios.

Entre 1985 y 1990, la dinámica poblacional presentó una reducción de la tasa de crecimiento, tanto para el Distrito Federal (DF), como para los municipios conurbados de la ZMCM, observándose una fuerte emigración de población, ocasionada principalmente por los sismos ocurridos en septiembre de 1985, aunque ya se definía desde antes una tendencia de disminución de las tasas generales de natalidad.



La concentración de la población en la capital del país y su zona conurbada es consecuencia, entre otras razones, del esquema centralizado de desarrollo que se adoptó durante tres siglos de la colonia y dos siglos del México independiente.

Lo anterior es manifiesto con el subsidio de servicios públicos municipales y la mejor cobertura, así como las mejores oportunidades de trabajo y educación en esta zona, con respecto a otras ciudades en el país. En las últimas cuatro décadas la concentración del mercado de bienes y servicios, así como la reubicación e instalación de industrias, motivó la apertura de fuentes de empleo en la ZMCM. Este gran dinamismo productivo y la excesiva concentración de poderes, riqueza y población se refleja en el Producto Interno Bruto (PIB) que se genera en el Valle de México, que representa el 31 % del PIB nacional, del cual el Distrito Federal aportó un 22.9%, el Estado de México un 8.1%.

La Ciudad de México y su área conurbada han mantenido los mayores niveles en cuanto a población e influencia económica. De la fuerza de trabajo ocupada en la Región, el 2% labora en el sector primario (agricultura y ganadería), 29% en el secundario, (básicamente industria manufacturera y de la construcción) y el 69% en el terciario; y como principales actividades: el comercio, servicios financieros y bancarios en restaurantes y hoteles.

El nivel de ingresos en la Región se comporta de acuerdo a la distribución de la ocupación dentro de los sectores económicos. El 12.4% de la PEA percibe menos de un salario mínimo, 36.6% recibe de uno a dos salarios mínimos, el 35.5% gana entre tres y cinco salarios mínimos y el resto, 15.5%, percibe más de cinco salarios mínimos.

El sistema económico en el Valle de México se encuentra en un proceso de reestructuración, particularmente donde se localiza la ZMCM. Las políticas de desconcentración emprendidas en la década pasada afectaron principalmente a las industrias al modificarse el esquema económico que favorecía su presencia en la región, por lo que en las últimas dos décadas ha disminuido la participación de la población económicamente activa (PEA) en las actividades dentro del sector secundario, básicamente en la industria manufacturera y de la construcción. Sin embargo, esta disminución provocó un incremento de las actividades comerciales y de servicios correspondientes al sector terciario.

#### **4.2.- Sistema Hidrológico del Valle de México**

La cuenca del Valle de México abarca desde la sierra de Chichinautzin, en el sur del Distrito Federal, hasta el túnel de Tequixquiac en el norte, dentro del Estado de México. Esta cuenca cerrada naturalmente, no tiene una línea de drenaje general debido a que originalmente la mayoría de los ríos descargaban en los lagos y en la actualidad son canalizados o entubados hacia el sistema de drenaje artificial hacia el norte. Del volumen de lluvia dentro de la subregión Valle de México se tiene un escurrimiento medio anual de 864 hectómetros cúbicos. La precipitación media anual es de 692.5 mm, ligeramente inferior a la media nacional de 772 mm.

Las variaciones orográficas de la Región, zonas de montañas y de valle, propician que se tenga una diversidad de climas; sin embargo, predomina el templado.

Desde la fundación de Tenochtitlán en 1325, existió el problema de abasto de agua para la subsistencia de la población y paradójicamente el problema de tener que realizar obras de protección contra las inundaciones en la temporada de lluvias, por haberse establecido en una isla, dentro del lago, donde se concentraban todos los escurrimientos de la cuenca cerrada, modelada así por el vulcanismo del Chichinautzin en el sur que cerró el antiguo drenaje natural hacia la cuenca del río Balsas. El ciclo hidrológico sólo comprendía lluvia, escurrimiento abundante por estar rodeada de lomeríos boscosos, almacenamiento en lagos someros y evapotranspiración; el área de embalse estaba sujeta a los aleatorios volúmenes pluviales, que ocasionaba diferencia de niveles del agua, que afectaban la isla.

Nezahualcóyotl resolvió los problemas de abastecimiento de agua y defensa contra las inundaciones con el albarradón que separaba las aguas saladas y aislaba la isla de la acumulación de volúmenes en años abundantes de lluvia. Tiempo después, durante la conquista, las tropas de Cortés rompieron el albarradón para permitir el paso de sus bergantines. Debido a que los siguientes años fueron secos, no reconstruyeron el dique. Sin embargo, se presentó la primera gran inundación de la colonia en ese mismo siglo XVI, provocando muchas muertes, principalmente de la población indígena, construyéndose entonces el albarradón de San Lázaro.

Durante todo el primer siglo de la época colonial se sufrieron muchas inundaciones, no obstante que se construían calzadas, diques y rellenos, hasta que se decidió drenar el Valle en 1608, Enrico Martínez logró sacar de la cuenca las aguas del río Cuautitlán hacia el río Tula, mediante un socavón, sin embargo no se revistió por falta de presupuesto y pronto se obturó, hasta que después de graves y repetidas inundaciones, se decidió continuar con la obra de drenaje, siendo hasta 1789, que se logró terminar un tajo a cielo abierto que se inició en 1630.

Después de las obras del denominado Tajo de Nochistongo, continuación del anterior socavón, no se realizó otra obra importante para proteger a la ciudad de México de las inundaciones, sino hasta el año de 1856, cuando se iniciaron los trabajos del túnel de Tequixquiac y del Gran Canal de Desagüe, obra que sufrió repetidas interrupciones hasta su inauguración en 1900.

Un segundo túnel de Tequixquiac, fue construido entre 1940 y 1952, con lo cual se logró drenar totalmente, tributando hacia la cuenca del río Tula, afluente del Moctezuma y posteriormente del Pánuco, que desemboca en el Golfo de México, a la altura del puerto de Tampico.

Sin embargo, problemas posteriores de inundaciones se sufrieron por la des-nivelación de la red de atarjeas y del Gran Canal (que se había diseñado inicialmente por gravedad) ocasionado por los hundimientos de la ciudad.

Por lo que fue necesario su cambio de régimen trabajando ahora por bombeo (con alto costo de operación y riesgo de inundaciones por posibles fallas por falta de energía). Posteriormente se construyó el Sistema de Drenaje Profundo con el fin de disminuir el caudal de agua del Gran Canal en la época de lluvias. Opera entre los 30 y los 220 m de profundidad (para evitar los problemas de hundimientos superficiales), y funciona por gravedad.

En la actualidad existe el Sistema General de Desagüe que está constituido por el Gran Canal, el Emisor del Poniente y el Emisor Central del Sistema de Drenaje Profundo, los cuales desalojan las aguas residuales y de lluvia que se generan en la ZMMV hacia la cuenca del río Tula en el estado de Hidalgo.

Este sistema de drenaje profundo, impide que se reuse el caudal captado por la red de atarjeas en el mismo Valle de México, aún cuando se registra un elevado porcentaje de reúso de aguas residuales fuera de la cuenca, principalmente en riego agrícola. Las descargas de la Subregión Valle de México hacia el Valle de Tula, operan como un eficiente sistema de reutilización, lo que hace que a la disponibilidad por cuenca propia de la subregión Tula se le sumen aproximadamente 1,588 hm<sup>3</sup> por concepto de importaciones de la cuenca del Valle de México. Sin embargo, a causa de la baja capacidad instalada de tratamiento, la mayor parte del agua se reutiliza sin previo tratamiento.

Las zonas de riego funcionan como un gran sistema de tratamiento de más de 100 mil hectáreas, con el grave inconveniente de ocasionar problemas de salud pública, al presentarse el flujo de las aguas negras a cielo abierto desde las zonas urbanas del Valle de México hasta las zonas de riego en el valle del Mezquital.

En la Región Valle de México existen 106 almacenamientos con una capacidad de 700 hm<sup>3</sup>. Debido a las características fisiográficas de la Región y a sus patrones de asentamientos y uso intensivo del suelo, con población asentada aguas abajo de las presas, resulta riesgoso, complejo y costoso incrementar el aprovechamiento de agua pluvial.

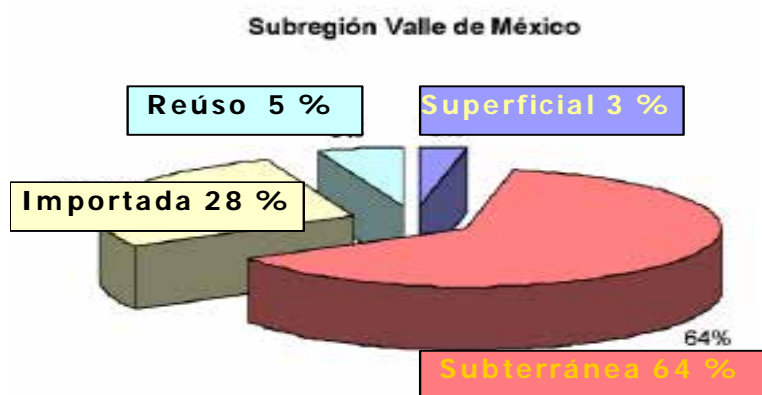
#### **4.2.1.- Usos del agua.**

La fuente más importante de abastecimiento de agua de primer uso es el acuífero de la Zona Metropolitana. Los recursos hidráulicos aprovechables (sin incurrir en la sobreexplotación del acuífero y el ingreso de las fuentes externas) representan sólo el 55% de los usos consuntivos de agua de primer uso. Poco más del 45% restante se satisface con la sobreexplotación de los acuíferos. En otros términos, se mantiene un severo déficit anual global mayor de los 1,200 hm<sup>3</sup>. El requerimiento total de agua de primer uso es de 3,926 hm<sup>3</sup>/año. Con reúso se atiende un requerimiento adicional de 1,983 hm<sup>3</sup>/año, principalmente en riego.

El Uso Agrícola representa poco más del 53% de los usos consuntivos regionales; sin embargo, el 57.4% de los requerimientos regionales para riego se satisfacen con agua residual sin tratamiento. Los patrones de uso agrícola se caracterizan por el empleo de una lámina media anual de 142 cm, que se considera elevada para los cultivos.

En la Región se tienen dos distritos de riego (088 Chiconautla y 073 La Concepción), además de varias pequeñas unidades de riego.

■ Superficial ■ Subterráneo ■ Importación ■ Reuso



**Ilustración No. 4.1.- Aprovechamientos de Agua por tipo de Fuente.**

Fuente: Comisión Nacional del Agua.-

El desarrollo del sector ha provocado que el uso industrial en la Región haya mantenido un ritmo de crecimiento continuo con una fuerte concentración en la ZMCM. Alrededor del 90% de los usuarios del sector industrial se localizan en la misma. El consumo total de agua por este concepto es de más de 249.9 hm<sup>3</sup> al año (7.9 m<sup>3</sup>/s) sin considerar a los industriales que se abastecen de las redes públicas municipales. Se estima que aproximadamente el 20% de la industria se abastece de la red municipal, por lo que la demanda total para este uso se estima en 298.4 hm<sup>3</sup> (9.5 m<sup>3</sup>/s).

Se tienen 586 usuarios industriales registrados, los cuales se abastecen básicamente de fuentes subterráneas; el 58% del volumen total suministrado procede de este tipo de fuentes, mientras que el 20% restante es de origen superficial (22% se reusa).

La magnitud de la demanda para acuicultura, uso pecuario y turismo representa menos de un 1% de la demanda total y su influencia resulta poco significativa.

#### 4.2.2.- Balance Hidráulico

En la cuenca del Valle de México, se tiene un escurrimiento superficial virgen de 864 hectómetros cúbicos al año, se aprovechan 799 hm<sup>3</sup>/año en volumen que incluye tanto las fuentes locales (176) como la importación de agua desde los sistemas Lerma y Cutzamala (623).

Por las características hidráulicas de la cuenca, el desarrollo del sistema de drenaje de la ciudad ha estado condicionado más por la necesidad de controlar y desalojar el agua de lluvia, que por la de eliminar las aguas residuales, para lo cual se utiliza la misma infraestructura.

El entubamiento de los principales escurrimientos superficiales de la cuenca ha evitado las inundaciones, pero también a través de ellos se elimina agua que podría ser utilizada para el consumo humano y que se vierte al drenaje, desperdiciándola.

Debido al crecimiento poblacional, la ciudad se enfrenta también a la saturación de los sistemas de desagüe. Además, como ya se ha señalado, los hundimientos del terreno han provocado que el Gran Canal, proyectado para trabajar por gravedad, haya perdido la pendiente original y requiera de bombeo para elevar las aguas desde la red de drenaje hasta el nivel actual de dicho canal.

El bombeo del agua utiliza gran cantidad de energía eléctrica, convirtiéndose en la segunda actividad demandante de energía, sólo después del Metro. El consumo eléctrico en el Distrito Federal (DF) llegó a 12,400 Gw/hr en 1998 (9 % del consumo nacional), de los cuales 1,400 Gw/hr fueron consumidos por el Gobierno del DF, que destinó una cuarta parte al bombeo hidráulico.

En el DF existen 79 plantas de bombeo con capacidad de 506 m<sup>3</sup>/s. En los municipios del Estado de México se dispone de 122 plantas de bombeo, sin embargo, carecen de un sistema propio de desalojo masivo de aguas residuales y de lluvia, lo que mantiene permanentemente amplias áreas de la Zona Metropolitana en riesgo potencial de inundación.

Los asentamientos humanos irregulares en cañadas y vasos, los tiraderos clandestinos de basura y cascajo en barrancas, las invasiones de las zonas federales, la inestabilidad de taludes y cañadas originada por la erosión, la deforestación y las sobrecargas de nuevas estructuras, completan el escenario de riesgos y desastres potenciales, desde el punto de vista hidráulico.

Debido a la intensidad de las lluvias en la subregión del Valle de México, se genera un escurrimiento directo excedente de 576 hm<sup>3</sup>/año. Además, los retornos de agua residual son del orden de 1,012 hm<sup>3</sup>, por lo que escurren anualmente 1,588 hm<sup>3</sup> hacia la subregión Tula.

La recarga anual de agua subterránea se estima en 788 hm<sup>3</sup>. Las extracciones anuales son del orden de 2,071 hm<sup>3</sup>. Por lo tanto, la condición de los acuíferos del Valle de México es de sobreexplotación, en un volumen de 1,283 hm<sup>3</sup>/año. Esta alteración es generada por la creciente demanda de agua en la cuenca.

En el balance hidráulico destaca el hecho de que los excedentes de agua de la subregión Valle de México son mayores que las importaciones de agua que se hacen para el abastecimiento de agua potable en la misma. Esta paradoja se explica debido al hecho de que dichos excedentes se producen mayormente durante la época de lluvias y a que no es posible retener el líquido.

Se debe mencionar que dentro de la región destaca la problemática de un crecimiento descontrolado de la población y de la mancha urbana, de modo que además de la sobreexplotación del agua subterránea, también se han afectado los bosques, los suelos y múltiples especies silvestres se encuentran en peligro.

El crecimiento de la mancha urbana de la capital mexicana ha ido desplazando a los bosques, particularmente a los encinares de las partes bajas de la sierra. Los bosques presentan una fuerte presión, deterioro ambiental y complejo panorama social, tres elementos que definen uno de los tantos escenarios que deberán considerarse en los futuros proyectos de conservación.

Destaca también el hecho de que el volumen de sobreexplotación en el acuífero del Valle de México es del mismo orden de magnitud con respecto al agua residual que se envía actualmente sin tratamiento, hacia la subregión Tula, en donde se utiliza generalmente con una baja eficiencia en actividades agrícolas y con el riesgo implícito para la salud.

#### **4.3.- Abasto de Agua Potable y otros Usos al Valle de México.-**

Se tiene conocimiento que los tenochcas construyeron importantes obras hidráulicas, tanto para protegerse de inundaciones, como para separar aguas dulces de las salobres, y para abastecerse de agua mediante acueductos de madera o de argamasa, que conducían agua desde los manantiales de Chapultepec hasta las zonas pobladas.

Durante la Época Colonial de la Nueva España se padecieron diversas inundaciones y años de grave escasez, la primera obra importante fue la reconstrucción del Acueducto de Chapultepec, posteriormente se ordenó la construcción del acueducto Azcapotzalco-Tlatelolco y de Belén-Salto del Agua.

En el siglo XVII se realizó el acueducto de La Verónica, a lo largo de lo que hoy es Melchor Ocampo, hasta la pila de la Tlaxpana y de ahí hasta la pila de La Mariscala, frente al actual Palacio de Bellas Artes. En el siglo XVIII se construyó el acueducto de Guadalupe y se captaron los manantiales del Desierto de los Leones, conduciéndolos hasta unirlos con los de Chapultepec y La Verónica.

Al principio de la Época Independiente se caracteriza sólo por la construcción de diversas pilas para el mejoramiento de la distribución. El año de 1847 se tiene registrado como inicio de las extracciones de aguas subterráneas, mediante norias a cielo abierto, método que se popularizó rápidamente, teniéndose datos que antes del siglo XX ya había más de mil pozos someros dentro de la Ciudad.

Entre 1905 y 1908 se construyó el primer gran acueducto, que captaba 2,100 litros por segundo de los manantiales de Xochimilco y mediante bombeos se conducían a lo largo de lo que ahora es la Ave. División del Norte – Nuevo León hasta la Planta de La Condesa, donde se rebombeaban hasta los tanques de Molino del Rey.

Se tienen datos de las primeras muestras del abatimiento de los niveles freáticos, con la desaparición paulatina de los manantiales, sin embargo la extracción de aguas subterráneas continuó con un sinnúmero de pozos dentro del área urbana, mediante la profundización de pozos aprovechando que para entonces ya se disponía de equipos de bombeo a nivel comercial. Esta época coincide con la fuerte migración de la provincia hacia la capital, por los motivos ya señalados.

A consecuencia del fenómeno demográfico, y tomando en cuenta que la mayoría de la población padecía escasez de agua debido a que no podía resolver con sus propios recursos su abastecimiento, los gobiernos de la Ciudad de México decidieron explotar los acuíferos del subsuelo con pozos de mayor rendimiento, profundidad y calidad de agua, dadas las notorias ventajas económicas y de tiempo. Se construyen así una serie de sistemas aislados y otros interconectados a la red antigua, sin planeación integral, sino más bien en forma errática y respondiendo a las presiones de la población de las nuevas colonias.

Durante 1948 se perforan varios pozos en la zona de Xotepingo y en Octubre de 1952 se inaugura el Sistema Lerma, después de más de diez años de construcción, y más de cincuenta años de haberse propuesto como fuente alterna. La obra consistió originalmente en la captación de las filtraciones de la Sierra de las Cruces y aprovechamiento de manantiales en la cuenca alta del Río Lerma, con un gasto en su primera etapa de 3.5 m<sup>3</sup>/s conducidos mediante acueductos y un túnel de 15 km de largo que atraviesa la Sierra de las Cruces.

A fines de 1957 se pone en servicio el Sistema de Pozos Chiconautla con una capacidad de 3.5 m<sup>3</sup>/s, consistente en 40 pozos y una línea de conducción de 22 km de longitud, con dos plantas de rebombeo en San Cristóbal y San Juanico. Simultáneamente, en ese mismo año se mejora el Sistema Xochimilco mediante la perforación de pozos e incremento de la capacidad de bombeo. Por esa época también se incrementa a 4.5 m<sup>3</sup>/s el bombeo desde el Valle de Lerma, perforándose pozos y nuevos acueductos ramales. También en esa época se pone en operación el Sistema del Peñón con un gasto de 0.5 m<sup>3</sup>/s para el abastecimiento de la población del oriente de la Ciudad.

En 1965, cuando se preveía una futura escasez de agua en la Ciudad de México y su Área Metropolitana, se decidió en forma conjunta con el Gobierno del Estado de México, el Departamento del Distrito Federal y la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, incrementar las importaciones de agua desde el Valle del Alto Lerma, inicialmente en 5 m<sup>3</sup>/s, para posteriormente aumentarlas hasta 15 m<sup>3</sup>/s totales, incluyendo los caudales iniciales aprovechados desde 1952, de los cuales 14 serían para la Ciudad de México y 1 m<sup>3</sup>/s para la zona N-Z-T, (Naucalpan-Zaragoza-Tlalnepantla).

Dicha ampliación se construyó para su capacidad total, aun cuando sólo alcanzó un caudal máximo de 13 m<sup>3</sup>/s, debido a limitaciones en el túnel de Las Cruces. Actualmente, debido a las demandas locales crecientes en el Valle de Toluca-Lerma, sólo llegan menos de 5 m<sup>3</sup>/s. El continuo aumento de la demanda de agua hace prever que el sistema Lerma disminuirá aun más sus aportaciones a la ZMVM, esperando recibir hacia el año 2010, del orden de los 4 m<sup>3</sup>/s.

Durante toda la década de los sesentas se perforaron diversos pozos aislados, tanto por el DDF, los municipios conurbados del Estado de México, como por particulares, éstos últimos para uso industrial, principalmente en la zona Norte (Vallejo, Azcapotzalco, Naucalpan y Tlalnepantla).

Posteriormente ante el desorden que se tenía por la presión de la demanda, ya en la década de los setentas se formó la Comisión de Aguas del Valle de México, dependiente de la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, (actualmente Gerencia de Aguas del Valle de México de la CNA), la cual de 1972 a 1988 desarrolló primero el Plan de Acción Inmediata, consistente en una serie de aprovechamientos locales que en conjunto totalizaron casi 15 m<sup>3</sup>/s, 9 m<sup>3</sup>/s de los acueductos del norte, 5.4 m<sup>3</sup>/s de los acueductos del sur y 0.5 m<sup>3</sup>/s de la potabilizadora de Madín.

Esos aprovechamientos locales eran principalmente baterías de pozos alejados de la mancha urbana, que sólo funcionarían temporalmente, mientras se dispusiera de los grandes sistemas de importación de aguas desde otras cuencas, que permitirían la reducción de la sobreexplotación, principiando por el Cutzamala, que inició su operación en 1981, y que actualmente suministra un caudal del orden de 480 hm<sup>3</sup> (16 m<sup>3</sup>/s). Sin embargo ni se han construido nuevos sistemas de importación ni se ha reducido la extracción del acuífero del Valle de México.

A los sistemas de distribución de agua de la ZMVM integrada por 75 unidades político administrativas: 16 delegaciones del DF, 58 municipios del Estado de México y 1 del Estado de Hidalgo, ingresan alrededor de 64 m<sup>3</sup>/s de agua, aún cuando algunos autores reportan un caudal de 67.12 m<sup>3</sup>/s, de los cuales aproximadamente 35 m<sup>3</sup>/s son para el DF y el resto, 29 m<sup>3</sup>/s, corresponden a los municipios conurbados, principalmente los del Estado de México.

#### **4.4.- Sobreexplotación del Acuífero y sus Consecuencias.**

Hace más de un siglo y medio el acuífero del Valle de México ha sido la principal fuente de abastecimiento de la Ciudad de México y Área Metropolitana; sin embargo, desde que se comprobaron las afectaciones en el subsuelo debidas a su explotación, se ha procurado controlarlo y limitarlo. No obstante, la presión de la demanda de agua potable de la población, y las limitaciones de recursos económicos para construir nuevas obras de importación desde otras cuencas, además de los Sistemas Lerma y Cutzamala, han obligado a seguir incrementando su sobreexplotación.

Se tienen identificados siete acuíferos en el Valle de México, cuya fuente de recarga es principalmente la precipitación pluvial. Las características hidrológicas de la subregión del Valle de México, como su geología, contribuyen a que sus acuíferos sean muy grandes, con mayor capacidad de recarga y almacenamiento. En el acuífero de la ZMCM, las fugas de agua en las redes de agua potable y de drenaje contribuyen también a su recarga.

En el Valle de México, la extracción alcanza los 2,071 hm<sup>3</sup>/año, mientras que la recarga es de 788 hm<sup>3</sup>/año. La sobreexplotación continua ha causado hundimientos e incrementado la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación. La información disponible sobre las propiedades geológicas y químicas del acuífero a profundidades mayores que las del bombeo normal es limitada. La hidrogeología de la porción sur de la Cuenca del Valle de México está mejor estudiada, aun así los estudios realizados han carecido de continuidad.



Los datos utilizados en los modelos de predicción no son abundantes ni cubren un período suficientemente confiable, por lo que las consecuencias de un error en la prospección pudieran ser graves en la planeación a largo plazo. Para poder predecir de manera más confiable la vida del acuífero, se requeriría de un mayor período de registro, una información más completa respecto a las cifras de extracción del acuífero, más parámetros hidrológicos relevantes como la vulnerabilidad a la contaminación, así como de una identificación de los niveles de agua críticos, debajo de los cuales ya no sería eficiente el bombeo continuo.

Las zonas más importantes de recarga dentro del Valle de México se ubican en el sur y surponiente, a lo largo de las Sierras del Chichinautzin, del Ajusco y de Las Cruces, que forman parte del área de conservación; razón por lo que es tan importante su preservación natural.

<b>Subregión Valle de México</b>	
<b>Acuíferos Sobreexplotados</b>	<b>% de Sobreexplotación</b>
1.- Chalco - Amecameca	27
2.- Zona Metropolitana de la Ciudad de México	297
3. Texcoco	47
4.- Cuautitlán - Pachuca	33
<b>Acuíferos Subexplotados</b>	
7.- Tecocomulco	
8.- Apan -	
9.- Soltepec	

Fuente: Comisión Nacional de Aguas

**Tabla No 4.1.- Acuíferos Sobreexplotados y Subexplotados en el Valle de México.**

La sobreexplotación del acuífero ha ocasionado, entre muchos otros efectos, hundimientos en la ciudad. Este proceso se reconoció desde los años veinte del siglo pasado, detectándose hundimientos en el centro de la ciudad de entre 6 y 28 cm /año. De 1983 a 1996 se registraron hundimientos en el Zócalo de 1.2 m. En el mismo periodo en Aragón, Nezahualcóyotl y Chalco se detectaron hundimientos de 3.6 m. y de casi 2 m. en Xochimilco. Para el periodo 1994-2000 los hundimientos se calcularon entre 0.50 y 1.75 m., siendo más notorios en los límites del DF con ciudad Nezahualcóyotl, pero también se afectaron las zonas del Aeropuerto, el centro de la ciudad, Xochimilco y el sur del canal de Chalco.

El hundimiento máximo acumulado ocurrió en la zona centro de la ciudad y alcanzó 10 m. a fines del siglo XX, mientras que en la subcuenca Chalco-Xochimilco llegó a 7 m. Estos hundimientos, que se provocan en las áreas lacustres que colindan con zonas adyacentes de suelos compactos, originan el surgimiento de agrietamientos en los materiales más compresibles. Ambos procesos incrementan la vulnerabilidad de los materiales lacustres frente a los sismos, hecho que es característico del Valle de México, con los consiguientes riesgos para la infraestructura urbana, que incluye la propia red hidráulica.

La contaminación del acuífero, asociado a las fisuras que sufren los depósitos arcillosos, tanto por aguas servidas como por filtración de agua subterránea de menor calidad, puede tener repercusiones en la salud humana.

En general, la calidad del agua potable que proviene del acuífero de la ciudad de México era buena. El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), excepcionalmente detecta bacterias de origen fecal, tanto oportunistas como patógenas en los pozos de extracción de agua, que son los microorganismos que se asocian a la presencia de diarreas y gastroenteritis en la población más sensible como son los niños y los adultos mayores.

Sin embargo, estudios recientes han reportado que la calidad del agua proveniente del acuífero, comienza a degradarse en algunos sectores debido a diferentes causas, entre ellos la sobreexplotación.

Otras fuentes de contaminación del acuífero son la deposición y manejo inadecuado de los residuos sólidos y las infiltraciones; el estado de las tuberías de agua y drenaje, así como el hecho de que el agua se extrae cada vez a mayores profundidades. En algunos pozos del Valle de México se han detectado diferentes microorganismos patógenos en el agua subterránea, en cantidades que exceden lo que señala la normatividad vigente para asegurar la salud de la población.

Con frecuencia se menciona la posibilidad de recargar artificialmente el acuífero. Ésta podrá hacerse siempre que se controle y asegure que la calidad del agua que se inyecte al acuífero, cumpla estrictamente con lo estipulado en las Normas.

De la precipitación pluvial anual en el Valle de México sólo el 12.86% se infiltra naturalmente al subsuelo (788 millones de m<sup>3</sup>), el 8.64 % (711 millones de m<sup>3</sup>) escurre superficialmente y va al desagüe. Por lo que se podría incidir para aprovechar parcialmente este volumen de agua en la recarga del acuífero, sin embargo también se tiene la limitación de la ocupación intensiva del suelo por la población, reduciendo las posibilidades y sobre todo los volúmenes.

#### **4.5.- Aprovechamiento del Agua Superficial del Valle de México.**

Mucho se ha insistido en la conveniencia por su bajo costo de aumentar los aprovechamientos superficiales, incrementando los caudales actuales que son del orden de 1.5 m<sup>3</sup>/s, básicamente provenientes de los manantiales del Ajusco, la potabilizadora del río Magdalena y la potabilizadora el río Tlalnepantla en Madín.

Las posibilidades actuales para fines de agua potable se consideran poco significativas en cuanto a su volumen comparativo, debido principalmente a que todos los escurrimientos superficiales están contaminados, a que la población ha ocupado los pocos sitios propicios para retener y almacenar el agua de lluvia, convirtiéndose por lo mismo en el problema contrario, inundaciones en épocas de lluvia que obligan a costosas obras de drenaje y a tener que operar las presas existentes en el poniente con bajos niveles, para dejar disponible capacidad para regularizar avenidas que pudieran ser catastróficas para la población asentada aguas abajo.

#### 4.6.- Importación Actual de Agua desde otras Cuencas

Debido a la incapacidad de aprovechar en mayor medida las fuentes superficiales y subterráneas de agua para satisfacer la creciente demanda en la ZMCM, se tiene un componente de importación que proviene de fuentes superficiales del río Cutzamala y del acuífero del Valle del Lerma por un volumen de aproximadamente 623 hectómetros cúbicos anuales.

Subregión	Escorrentamiento (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga de aguas subterráneas (hm <sup>3</sup> /año)	Importaciones (hm <sup>3</sup> /año)
Valle de México	864	788	623

Fuente: Comisión Nacional de Aguas

**Tabla No 4.2.- Disponibilidad de Agua en el Valle de México**

#### 4.7.- Planeación del Abastecimiento Futuro y Tratamiento de Aguas.

Desde que se confirmó que la causa de los hundimientos del Valle de México es la sobreexplotación de los acuíferos, se ha intentado reducir las extracciones y cancelar algunos pozos, desarrollándose planes de abastecimiento de agua potable con fuentes alternas, en base al aprovechamiento de otras cuencas. De la gran canasta de proyectos estudiados, la Comisión Nacional del Agua ha seleccionado los que tienen viabilidad técnica, económica y social, definiendo una planeación que permitiría el suministro futuro, con el aprovechamiento de aguas superficiales de los ríos Cutzamala, Temascaltepec y Amacuzac en los estados de México y Morelos, así como los caudales del río Tecolutla en Puebla.

##### 4.7.1.- Proyecto del Aprovechamiento del Río Temascaltepec.-

Que en realidad viene a ser una cuarta etapa del Sistema Cutzamala, actualmente en operación, debido a que incorpora su caudal de 5 m<sup>3</sup>/seg en la presa Valle de Bravo, utilizando desde ahí la misma conducción ampliada del mencionado Sistema.

La cuenca del Río Temascaltepec se localiza en el sur-poniente del Estado de México, se origina en la vertiente occidental del Volcán Nevado de Toluca; los arroyos más altos forman el río Verde, el cual registra escurrimientos durante todo el año debido a que su alimentación durante la temporada de estiaje es con base a diversos manantiales que se forman de las filtraciones pluviales y deshielos del volcán, su trazo es con grandes pendientes y quiebres pero siguiendo la dirección suroeste hasta la población de Temascaltepec.

Muy próximo a la población de Temascaltepec se localiza el sitio propuesto para la construcción de la presa donde se tiene programado aprovechar 5 m<sup>3</sup>/s, mediante un bombeo que conduciría los caudales por un túnel hasta la presa de Valle de Bravo, desde donde se incorporaría al Sistema Cutzamala.

#### **4.7.2.- Proyecto del Alto Río Amacuzac.-**

La cuenca alta del Amacuzac ha sido considerada como alternativa para abastecer a la Ciudad de México desde los primeros estudios de planeación. En su parte más alta, formado por los escurrimientos del sur de las sierras del Ajusco y Chichinautzin que escurren hacia el Estado de México y Morelos y por los escurrimientos del sur-oriental del volcán Nevado de Toluca hasta que convergen formando el río Chontalcuatlán al sur de Ixtapan de la Sal y los límites del Estado de Morelos y Guerrero, antes del sumidero que formó las grutas de Cacahuamilpa.

A través de varias derivadoras y una presa grande de almacenamiento y regulación y varias líneas de acueductos y plantas de bombeo, así como una planta potabilizadora se puede aprovechar un caudal total de 13.5 m<sup>3</sup>/seg.

Por su gran cercanía al Valle de México y sus importantes escurrimientos de gran altura sobre el nivel del mar se ha propuesto repetidamente como proyecto prioritario, lamentablemente los esquemas de obras de captación se han tenido que desechar conforme se estudia la geología de los vasos, teniendo que modificarse por alternativas de aprovechamiento más bajas, lo que representa proyectos cada vez más caros, tanto por inversión como por operación.

El proyecto consiste en derivar los escurrimientos altos del arroyo San Gaspar mediante la presa Totolmajac, única presa viable en la parte alta, e incorporarlos al acueducto que conduciría desde la parte baja los volúmenes regularizados en la presa Chontalcuatlán, localizada en la cota 1,125 m.s.n.m., donde se recibirían también las aguas del río San Jerónimo derivadas con la presa del mismo nombre.

Desde la presa Chontalcuatlán se bombearían 13 m<sup>3</sup>/s mediante siete plantas de bombeo con una conducción de dos líneas de tuberías de acero y de concreto preesforzado de 2 m de diámetro, hasta la potabilizadora que se construiría cerca de la población de Tarango, requiriéndose procesos de clarificación, sedimentación y filtración. Desde esta planta los volúmenes se conducirían hasta el Túnel Analco-San José, donde se incorporarían al Sistema Cutzamala para cruzar al Valle de México.

#### **4.7.3.- Sistema de Aprovechamiento del Alto Río Tecolutla.-**

El proyecto consiste en la transferencia de 14.6 m<sup>3</sup>/s, mediante la construcción de obras que se han modulado en dos etapas, en la primera se aprovecharía parte de la infraestructura del sistema hidroeléctrico Necaxa para una capacidad de 9.8 m<sup>3</sup>/s.

Para la segunda etapa se tendrían que captar los escurrimientos de los ríos Apulco y Tecuantepec y mejorar el aprovechamiento del Sistema Necaxa con una presa alta en la zona de Zacatlán, evitando dejar caer los escurrimientos altos, y donde también se regularizarían los caudales derivados de los dos ríos mencionados.

En la primera etapa, se programa una nueva obra de toma de la presa Necaxa y elevar el agua 985 metros mediante tres plantas de bombeo en cascada a través de un acueducto de 24.5 Km hasta la actual presa de la Laguna que tendría que sobre elevarse, donde también se regularizarían las aportaciones de varias tomas del actual sistema, y se conducirían los caudales totales hasta la planta potabilizadora que estaría localizada al oriente del poblado de Tecocomulco, en Hidalgo, para lo cual se tendría otro bombeo para vencer una carga de 858 metros con un acueducto de 32.9 Km el sistema de potabilización sería semejante al del sistema Cutzamala con tres módulos de 4 m<sup>3</sup>/s cada uno.

De la potabilizadora, los caudales se conducirían por gravedad mediante una tubería de concreto preesforzado de 2.5 m de diámetro y 81.5 Km de longitud hasta un tanque de recepción y distribución al nororiente del Área Metropolitana en el cerro de Chiconautla, desde ahí se conectaría con el Microcircuito de Distribución Metropolitano, en el Tanque de Cerro Gordo.

*Afectaciones a Sistemas Hidroeléctricos.*- Como se mencionó al describir los tres grandes proyectos seleccionados, por las características de la Ciudad de México, localizada a una elevación de más de 2,200 metros sobre el nivel del mar, todas las cuencas estudiadas tienen afectaciones importantes de energía hidroeléctrica, por su gran potencialidad de generación (costo de oportunidad), además todos demandan también importantes volúmenes de energía eléctrica para bombeo desde los niveles de captación muy por debajo de la cota del AMCM.

Así el Temascaltepec afecta las plantas de la Villita e Infiernillo con un monto anual estimado con costo internacional de \$2.27/KWh de \$116 millones de pesos, el Proyecto Amacuzac tiene afectaciones a las plantas del Caracol (presa Ing. Ramírez Ulloa), San Juan Tetelcingo, Tepoa y también a la Villita e Infiernillo, su monto anual de afectación se ha estimado en \$781 millones de pesos. El sistema Tecolutla afectaría directamente al Necaxa y Mazatepec, representando un costo anual de \$1,741 millones de pesos, al alcanzar su caudal máximo.

Como se puede apreciar el costo de afectación es altísimo, por lo que ojalá nunca sea necesaria aprovechar todas estas fuentes; sin embargo son las únicas viables si se quiere reducir la sobreexplotación del acuífero; motivo por el cual se debe en forma prioritaria reducir las pérdidas por fugas y los desperdicios, eficientando los sistemas de distribución.

Proyecto	Gasto (m <sup>3</sup> /seg)	Coefficiente Energético (GWH/año/m <sup>3</sup> /s)	Energía Afectada (GWH/año)	Costo Anual Afectación (\$ millones)
Proyecto Temascaltepec	5.00	10.22	51.10	116.00
Proyecto Amacuzac	13.52	25.44	343.95	780.76
Sistema Tecolutla I	9.80	60.00	588.00	1334.76
Sistema Tecolutla II	4.80	37.33	179.18	406.75

Nota.- Se consideró un precio de \$ / KWH = 2.27

**Tabla No. 4.3.- Estimación de Afectaciones a Sistemas Hidroeléctricos**

Otro monto tan importante como el ya señalado, lo constituyen los requerimientos de energía para bombeo y conducción de los respectivos caudales de cada proyecto. Las cargas de bombeo consideradas son de 1,246 m. para el caso del Temascaltepec, de 1,578 m. para el caso del Amacuzac y de 1,571 m. para el Tecolutla I. Enseguida se presenta un cuadro donde se resumen las inversiones requeridas, los coeficientes energéticos y los costos de operación:

Proyecto	Gasto (m <sup>3</sup> /seg)	Carga (m)	Consumo Energético (GWH/año)	Costo Anual Req. Energía (\$ millones)	Otros Costos de Operación (\$ millones)	Costos Totales Oper (\$ millones)
Proyecto Temascaltepec	5.00	1,246.5	630.5	1431.24	357.81	1789.04
Proyecto Amacuzac	13.52	1,578.0	2,158.2	4,899.1	1,224.8	6,123.9
Sistema Tecolutla I	9.80	1,571.0	1,557.4	3,535.4	883.8	4,419.2
Sistema Tecolutla II	4.80	1,284.0	658.3	1,494.3	373.6	1,867.9

Tabla No. 4.4.- Estimación de Requerimientos de Energía para Conducción y Otros Gastos de Operación

#### 4.7.4.- Otros Proyectos Estudiados.

Existen posibilidades a futuro de aprovechar en mayor medida los escurrimientos superficiales del Valle de México, una vez que se hayan saneado las cuencas y se hayan relocalizado algunos grupos de población que actualmente invaden las zonas muy bajas y la zona federal, principalmente cauces y vasos.

Sin embargo los caudales aprovechables son poco significativos comparándolos con los proyectos mencionados, debiendo en su oportunidad desarrollarse como complementos.

Se tienen seleccionados otras fuentes de menor caudal e importancia, incluyendo también el ahorro de agua tratada y reuso y recirculación del agua para la industria y otros usos que no son de consumo humano, sin embargo también por las limitaciones de almacenamiento de grandes volúmenes sólo podrán desarrollarse con soluciones in-situ como complementos, aunque independientemente de las posibilidades de reuso en el Valle de México, deberán tratarse todas las aguas residuales, como única manera de asegurar un enfoque sustentable del recurso y de no afectar las cuencas aguas abajo.

#### 4.8.- Costo y Valor Económico del Agua en el Valle de México.

Aplicando la teoría económica al recurso agua, sabemos que el máximo bienestar social sólo se alcanza cuando el costo marginal de la oferta es igual al beneficio social marginal de la demanda:

$$CM_{gO} = BM_{gD}$$

De otra manera se presentan las pérdidas netas de beneficio social, ocasionando un alto desperdicio y mal uso del recurso, con las graves consecuencias del deterioro de su calidad. Lo ideal entonces para el uso sustentable del agua es que sus valores y los costos estén en equilibrio.

Como se señaló anteriormente es posible estimar los valores y los costos del agua utilizando cualquiera de los métodos de cálculo, el que más convenga en función de la información disponible y la facilidad de cálculo. Para el caso del agua en el Valle de México, se dispone de la información actualizada del costo medio de suministro de agua potable y se tienen estimaciones de la elasticidad-precio de la demanda (determinadas en estudios realizados por la CNA y el INE), por lo que podemos tener un primer cálculo aproximado del costo marginal, aplicando la siguiente fórmula:

$$CMg = CMe ( 1 + 1/e)$$

Aún cuando a nivel de trabajo de tesis, la obtención de datos se dificulta, sobre todo porque intervienen en el caso del Valle de México varias dependencias federales, estatales y municipales, la generación de datos para la aplicación directa debe ser relativamente fácil para los organismos operadores.

El costo medio de suministro, tomando en cuenta las fuentes locales y las externas, así como el nuevo caudal que aportará el Temascaltepec, es del orden de \$ 5.30/m<sup>3</sup>, según datos actualizados de la CNA.

Por otra parte, el dato determinado por la CNA para la elasticidad-precio de la demanda es de 0.29, por lo que el CMg aplicando la fórmula anterior resulta de:

$$CMg = 5.30 (1 + 1/0.29) = \$ 23.60/m^3$$

Para tener otro valor comparativo calcularemos el Costo Económico Total, mediante el desarrollo de corregir el costo total de suministro al ajustar las distorsiones debidas a los precios subsidiados, es decir al tomar los consumos de energía, considerándolos a su precio internacional y calcular y sumar después el costo de oportunidad del recurso y las externalidades económicas y ambientales.

#### 4.8.1.- Cálculo del Costo de Suministro del Proyecto Temascaltepec.-

Para el cálculo del costo de capital se incluye también el concepto de amortización tomando en cuenta una vida útil de treinta años. Por su parte, para el cálculo de los costos de operación y mantenimiento, se considera el precio internacional de la energía de bombeo, obteniéndose los siguientes resultados:

Tasa descuento	10%
Inversión	\$5,402.82
Amortización	\$343.85
Total Capital:(\$ /m <sup>3</sup> )	\$4.27
Operación y Mantenimiento:(\$ /m <sup>3</sup> )	\$7.75
<i>Costo Total Suministro (\$ /m<sup>3</sup>)</i>	<i>\$12.02</i>

#### 4.8.2.- Cálculo del Costo de Oportunidad del Proyecto Temascaltepec.-

El uso potencial alternativo del recurso es la generación hidroeléctrica de energía; al considerarlo en las condiciones actuales, sin presa de regulación, el Proyecto Temascaltepec sólo afecta las plantas de la Villita e Infiernillo con un monto anual estimado de \$116 millones de pesos, que representa un costo de \$ 0.50/m<sup>3</sup>

Costo de Oportunidad (\$ /m<sup>3</sup>)      \$0.50

#### 4.8.3.- Cálculo del Costo de las Externalidades Económicas.-

Se han considerado cuatro factores para el cálculo de las Externalidades Económicas: las compensaciones regionales por afectaciones en la fuente de captación; los costos por las pérdidas de agua por fugas en las redes de distribución; los costos por bombeos en el sistema de drenaje, necesarios por los hundimientos diferenciales del terreno; y los sobre costos en las cimentaciones de las edificaciones, por las mismas afectaciones de hundimientos diferenciales, estos tres últimos factores ocasionados por la sobreexplotación del acuífero.

Actualmente el río Verde (Temascaltepec) no tiene mayores usos locales, debido a sus características topográficas que corresponden a zonas encañonadas con pendientes pronunciadas y escurrimientos concentrados en la época de lluvia, aún cuando aguas abajo tiene algunos aprovechamientos agrícolas tanto en el Estado de México como en el de Guerrero. Sin embargo, la población de la región ha manifestado su desacuerdo con el proyecto, argumentando la afectación económica. La realidad es que no son importantes los aprovechamientos agrícolas, pero será necesario considerar un porcentaje del 5 % del costo de capital para desarrollo económico de la región, es decir \$ 0.43/m<sup>3</sup>.

Compensaciones regionales (\$ /m<sup>3</sup>)      \$0.43

Adicionalmente hay que considerar las fugas de agua de las redes de distribución por las dislocaciones de las tuberías de la red, debidas a los hundimientos diferenciales por la sobreexplotación; aún cuando no son debidas al proyecto, mientras no se resuelva la sobreexplotación del acuífero todos los nuevos suministros se convertirán parcialmente en pérdidas por fugas, lo que representa sustanciales recursos desperdiciados que podrían ser aprovechados en áreas prioritarias de desarrollo. Las fugas ascienden al 30 % del volumen distribuido, por lo que su cuantificación es de \$ 3.61/m<sup>3</sup>.

Fugas por Hundimiento (\$ /m<sup>3</sup>)      \$3.61

Otra de las afectaciones por la sobreexplotación del acuífero es el bombeo para desalojar las aguas residuales, debido a los hundimientos diferenciales que no permiten que el sistema funcione por gravedad. Este concepto representa un precio unitario estimado, luego de ponderar el monto correspondiente de los 700 GWH/año necesarios de \$ 0.90/m<sup>3</sup>.

Bombeo para drenaje (\$ /m<sup>3</sup>)      \$0.90



Por último, dentro todavía de las externalidades económicas, se tiene el sobre costo de las cimentaciones de todas las edificaciones del área metropolitana, por la misma afectación de los hundimientos debidos a la sobreexplotación.

Esta se calcula en función de la población que será beneficiada con el proyecto y considerando un sobre costo del 1 % en los costos de las edificaciones correspondientes, lo que significa un precio unitario de \$ 2.44/m<sup>3</sup>.

Afectaciones en cimentaciones (\$ /m <sup>3</sup> )	\$2.44
Suma del Costo Total por Externalidades Económicas (\$ /m <sup>3</sup> )	\$7.02

#### 4.8.4.- Cálculo del costo de las Externalidades Ambientales.-

Estas tienen que ver con la salud pública y el mantenimiento de los ecosistemas, en este caso el concepto principal es el deterioro de la calidad del agua suministrada, por lo que habrá que considerar los costos de tratamiento de las aguas residuales, para que puedan ser reusadas para todo uso aguas abajo, sin peligro para la salud de la población.

Desde luego habría que considerar otros efectos ambientales causados, sin embargo estos son muy difíciles de evaluar, por lo que algunos países optan por considerar un monto del 20 % adicional como impuesto al valor agregado del agua. En este caso sólo calcularemos el costo de tratamiento de las aguas residuales servidas que tendrá un costo por infraestructura y por operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aproximadamente \$ 4.45/m<sup>3</sup>.

Costo Total Externalidades Ambientales (\$ /m <sup>3</sup> )	\$4.45
--	--------

De esta manera el Costo Social Total o Valor Sustentable de Uso tiene un importe integrado de:

Costo Total de Suministro	\$12.02
Costo de Oportunidad	\$0.50
Costo de Externalidades Económicas	\$7.02
Costo de Externalidades Ambientales	\$4.45
Costo Económico y Social Total	\$24.00/ m <sup>3</sup>

Monto muy cercano al determinado por medios indirectos aproximados, mediante el valor de la elasticidad de la demanda al precio de \$ 23.60/m<sup>3</sup>, por lo que podemos confirmar que el costo social debe ser del orden de \$ 24.00/m<sup>3</sup>.

Si tuviéramos información para determinar el Valor Social Total podríamos también comparar con un tercer valor; sin embargo, en la práctica esto no es necesario y basta con tener un valor confiable para que sea suficiente el cálculo.

En este caso sí realizamos un segundo cálculo para ensayar el ejercicio completo y debido a que teníamos tres valores diferentes para la elasticidad de la demanda al precio del agua, uno el aplicado que fue determinado por la CNA/Subdirección General de Programación en el estudio "Economía del Agua" realizado en el 2001, el segundo realizado en 1996 por J.L. Montesillo del IMTA que determinó un valor -0.21, y el tercero calculado por el Instituto Nacional de Ecología, en el estudio "Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México" (INE-DGIPEA/01/03) de marzo del 2003, donde se obtienen valores que varían entre -0.22 y -0.58, dependiendo el estrato económico de la población.

#### 4.9.- Comparación del Costo Económico con la Tarifa de Agua Potable.

Una vez conocido el Costo Social Total, lo procedente es comparar este valor con el precio que se cobra por el servicio de suministro de agua potable, sabiendo de antemano que la tarifa (precio del servicio) está fuertemente subsidiada. Para lo cual enseguida presentamos la tarifa vigente en el Distrito Federal y los derechos federales vigentes de \$0.29/m<sup>3</sup> para los operadores de sistemas de agua potable. Como se puede observar para el Servicio Doméstico, Comercial e Industrial, la tarifa de \$24/m<sup>3</sup>, sólo sería aplicable para consumos superiores a 350 m<sup>3</sup> bimestrales, casi diez veces superior al consumo promedio, que es de \$2.60/m<sup>3</sup>, lo que significa apenas el 10.7% del Costo Social Total, y si tomamos en cuenta, que menos del 30 % del monto facturado se recupera, la recaudación sólo alcanza a cubrir el 3 % del Valor del recurso o el 22 % del costo de suministro.

RANGOS DE CONSUMO		CONSUMO DOMESTICO		RANGOS DE CONSUMO		CONSUMO COMERCIAL		RANGOS DE CONSUMO		CONSUMO INDUSTRIAL	
LÍMITES EN M <sup>3</sup>		RESIDENCIAL		LÍMITES EN M <sup>3</sup>		COMERCIAL		LÍMITES EN M <sup>3</sup>		INDUSTRIAL	
INFERIOR	SUPERIOR	COBRO MÍNIMO	FOR M <sup>3</sup> ADICIONAL	INFERIOR	SUPERIOR	COBRO MÍNIMO	FOR M <sup>3</sup> ADICIONAL	INFERIOR	SUPERIOR	COBRO MÍNIMO	FOR M <sup>3</sup> ADICIONAL
0	10	13.95	0.00	0.0	10.0	83.74	0.00	0.0	10.0	83.74	0.00
10.1	20	13.95	1.60	10.1	20.0	167.40	0.00	10.1	20.0	167.40	0.00
20.1	30	30.40	1.91	20.1	30.0	251.16	0.00	20.1	30.0	251.16	0.00
30.1	50	61.53	3.62	30.1	60.0	251.16	12.41	30.1	60.0	251.16	12.41
50.1	70	134.40	4.62	60.1	90.0	624.43	16.17	60.1	90.0	624.43	16.17
70.1	90	227.83	7.29	90.1	120.0	1,109.75	19.90	90.1	120.0	1,109.75	19.90
90.1	120	372.17	11.65	120.1	240.0	1,707.15	23.61	120.1	240.0	1,707.15	23.61
120.1	180	720.75	15.67	240.1	420.0	4,543.90	27.38	240.1	420.0	4,543.90	27.38
180.1	240	1660.60	22.55	420.1	660.0	9,471.75	31.09	420.1	660.0	9,471.75	31.09
240.1	420	3,013.45	25.92	660.1	960.0	16,939.1	35.01	660.1	960.0	16,939.1	35.01
420.1	660.0	7,682.96	30.24	960.1	1500.0	27,449.1	39.23	960.1	1500.0	27,449.1	39.23
660.1	960.0	14,939.00	32.65	1500.1	>>>	48,635.4	40.23	1500.1	9999.0	48,635.4	40.23
960.1	1,500.0	24,746.30	37.58								
1,500.1	>>>	45,037.45	41.34								

Tabla No. 4.5.- TARIFA DE AGUA POTABLE EN EL D.F.

Es importante hacer notar que la desproporción observada entre el costo económico y social con la tarifa de agua potable no sólo es el caso del área metropolitana de la Ciudad de México, es similar para todas las ciudades del país, y peor es el caso cuando se compara con las tarifas de riego y en general para los usos agropecuarios, debido como hemos visto a que en México, sólo se considera en el cálculo de tarifas un porcentaje de los costos de suministro, sin tomar en cuenta ni el costo de oportunidad del recurso, ni las externalidades.

Así, es evidente que la estructura de precios en el país esta fuertemente influenciada por el marco institucional que rige el aprovechamiento de las aguas nacionales, el cual transfiere subsidios generalizados a la población de los centros urbanos y también al sector agrícola en general. Lo anterior, en principio benéfico, ha sido la causa principal que se tenga la grave crisis actual del agua, ocasionando desperdicios y excesos en el uso del vital líquido y un deterioro de la infraestructura y de la calidad del recurso, con tendencias a que sea irreversible la recuperación del recurso si no se modifica sustancialmente esa política de subsidios generalizada, que es mayormente aprovechada por grupos de población que no la necesitan.

En ese modelo es claro que han predominado los criterios políticos sobre las consideraciones económicas y ambientales en el manejo del sistema hidráulico nacional.

Además de la práctica de subsidios generalizados, se ha propiciado también una cultura paternalista del no pago, condonando adeudos por uso o aprovechamiento de agua en forma discrecional, manejada así por todos los niveles de autoridad federal, estatal y municipal. De esa manera el gobierno federal condona adeudos de algunas entidades federativas, el gobierno estatal condona adeudos de algunos municipios y los gobiernos municipales condonan los adeudos a ciertos particulares, con fines de interés político personal o grupal, pero sin tomar en cuenta nunca las consideraciones de redistribución de la riqueza ni ambientales y económicas.

Al contrario que los subsidios, los impuestos se utilizan cada vez más para incentivar el manejo sustentable del agua tanto ecológica como financieramente. Es decir en muchos países se han considerado para limitar la contaminación del recurso debida a las externalidades que generan las actividades de producción y consumo, contribuyendo en este caso a la eficiencia económica.

Entre los gravámenes más empleados en otros países para combatir la contaminación del recurso se tienen los cánones por vertido y por servicio prestado y los impuestos directos e indirectos. Los primeros son cobrados según los usos específicos del agua, como es el caso de las tomas de agua bruta para la producción hidroeléctrica, el enfriamiento de centrales térmicas, la industria, la irrigación, el agua potable y/o sobre los vertidos de aguas residuales. Para el caso de los impuestos, se ligan a procedimientos administrativos como los de autorización de tomas, y corresponden como todos los tributos, a principios fiscales de derechos de registro y facturación del costo de un acto administrativo, o de concesiones de utilización del dominio público.

Por último es necesario destacar que no hay agua más cara que la que no se tiene, como se puede comprobar en las periferias del Área Metropolitana del Valle de México, y en todas las grandes ciudades del país, cuya población, generalmente la de menores ingresos y que no tiene acceso a la red de servicio público, tiene que pagar hasta más de \$ 50/m<sup>3</sup> de agua de las pipas de distribución, o hasta más de \$ 5 por litro de agua embotellada.

Mientras que el discurso político continúe con demagogia evitando enfrentar la realidad de la crisis del agua, posponiendo y evitando a toda costa las reformas tarifarias que hagan el recurso sustentable y que eficienten su uso, argumentando la baja capacidad de pago de la población, seguirán teniendo grupos cada vez más numerosos de la población que tengan que completar con agua embotellada, refrescos y pipas su abasto público deficiente.

Pero lo más grave es que no habría recursos suficientes para revertir la tendencia de grave deterioro de la calidad del recurso, pudiendo llegar a tener que desecharse por su mala calidad (no apta para consumo humano), todo el acuífero del Valle de México, con lo cual se eliminaría la mayor fuente de suministro de la población, sin alternativas de sustitución total, ocasionando que fuera inviable la vida en la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.

#### **4.10.- Resumen y Conclusiones**

La Ciudad de México y su Zona Metropolitana han enfrentado a lo largo de su historia serios problemas tanto para el abastecimiento de agua potable como para el desalojo de los caudales de aguas pluviales. Desde la fundación de la gran Tenochtitlán han sido necesarias importantes obras de ingeniería hidráulica, con el objetivo tanto de satisfacer la demanda de agua potable como para reducir los riesgos de inundación.

La problemática del AMCM, en materia hidráulica es muy compleja: sobreexplotación e incipiente contaminación de mantos acuíferos, reducción acelerada de las zonas de infiltración, hundimientos diferenciales, agrietamientos del suelo y costosas obras de abastecimiento y drenaje, con rechazos cada vez mayores de la población local para permitir la importación desde otras cuencas.

En una concentración de población tan grande, cercana a los 20 millones, ubicada en el lecho de un antiguo lago, a 2,240 metros de altura sobre el nivel del mar y con esa gran problemática hidráulica, el agua debiera constituir el instrumento fundamental para planear el desarrollo y mejorar la calidad de vida de la población.

Sin embargo, es claro que han predominado los criterios políticos sobre las consideraciones económicas y ambientales en el manejo del sistema hidráulico. Para colmo la práctica de subsidios generalizados y el propiciamiento de una cultura paternalista del no pago, han agravado aún más la problemática hidráulica del Valle de México.

Es claro que con la aplicación de la política hidráulica vigente no se podrá disponer de los recursos financieros suficientes y se seguirán presentando las pérdidas netas de beneficio social. Para demostrar lo anterior, se determinó el costo económico total del suministro de agua potable al Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM), que resultó de \$24.00/m<sup>3</sup>. Conocido éste costo, se comparó con la tarifa vigente en el Distrito Federal, resultando casi diez veces superior al precio promedio de la tarifa.

Esta desproporción observada entre el costo económico y la tarifa no sólo es el caso del AMCM, resulta similar para todas las ciudades del país, y peor es el caso cuando se compara con las tarifas para usos agropecuarios, que sólo consideran un porcentaje mínimo de los costos de suministro, sin tomar en cuenta ni el costo de oportunidad, ni las externalidades.

Mientras que el discurso político continúe con demagogia evitando enfrentar la realidad de la crisis del agua, posponiendo y evitando a toda costa las reformas tarifarias que hagan el recurso sustentable y que efficienten su uso, argumentando la baja capacidad de pago de la población, seguirán teniéndose grupos cada vez más numerosos de la población que tengan que completar con agua embotellada, refrescos y pipas su abasto público insuficiente y de mala calidad.

Pero lo más grave es que pudiera llegar a ser irreversible el deterioro de la calidad del recurso, teniendo entonces que desecharse por contaminación (no apta para consumo humano), el acuífero del Valle de México, con lo cual se eliminaría la mayor fuente de suministro de la población, sin alternativas de sustitución, por lo que se haría inviable la vida en la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.

La elaboración de este capítulo esta basado en datos de estudios y documentación pública de la Comisión Nacional del Agua y del Departamento del Distrito Federal.

## **Capítulo 5.-**

### **Conclusiones y Recomendaciones.-**

Hasta hace algunos años, en México predominaba la idea de que el recurso era un bien que abundantemente ofrecía la naturaleza, hablar de un mercado del agua, de metodologías para determinar su valor y costo, de la transparencia de subsidios, de tratar de mejorar la eficiencia social y económica del uso del recurso, eran temas de difícil comprensión y permanente rechazo en todo tipo de foros.

Sin embargo, mientras la población y los sectores económicos han crecido de manera significativa, la disponibilidad del recurso con calidad aprovechable ha disminuido en forma alarmante, principalmente por la actitud de despilfarro y por la falta de políticas sustentables, lo que ha generado escasez del recurso en varias regiones del país, por lo que ahora es un tema que comienza a preocupar, sobre todo en esas regiones en las que se ubica el 55 por ciento de la población y se concentra la mayor inversión en infraestructura. Tal es el caso de la zona metropolitana del Valle de México, conformado por el Distrito Federal y parte de los estados de México e Hidalgo, al igual que las ciudades de Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tijuana, Aguascalientes y Querétaro, entre otras.

La escasez de agua no es exclusiva de México, puesto que afecta en mayor o menor medida a diferentes regiones del mundo, pero en nuestro país el problema se agrava por la falta de cultura del agua y por el deterioro de su calidad y la sobreexplotación de los recursos superficiales y subterráneos.

La Comisión Nacional del Agua (CNA) reporta que en México existen 653 mantos acuíferos, de los cuales 104 están sobreexplotados. Esta cifra tiene mayor relevancia al saber que esos mantos están ubicados donde se concentra más del 50 por ciento del consumo nacional.

La sobreexplotación se debe principalmente a los patrones de crecimiento que ha seguido el país: concentrando el crecimiento en las zonas norte y centro, donde se asienta el 77 % de la población, se genera 86 % del producto interno bruto y en cambio sólo se tiene 32 % de la disponibilidad nacional de agua. Pero también se debe a un mal uso generalizado, provocado por una equivocada política de subsidios indiscriminados para el uso agropecuario y en menor medida para el uso doméstico: ocasionando que en las zonas rurales se desperdicie y pierda por mal estado de la infraestructura y desinterés de los agricultores el 54 % del recurso y en los centros urbanos hasta el 44 % en promedio.

No se sabe con exactitud cuanta agua se utiliza en el país; sin embargo, se cuenta con el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), en el cual se tienen los volúmenes concesionados, y se infiere que los usuarios utilizan aproximadamente el mismo volumen concesionado: el 76 por ciento del recurso se destina al sector agropecuario, 14 % al abastecimiento público de agua potable habitacional y 10 % a uso industrial. Y mientras el principal usuario es el sector agropecuario, seguido del consumo urbano y el industrial, el costo del agua se aplica precisamente de manera inversa: el sector agropecuario no paga derechos (sólo cubren parcialmente el costo que representa extraerla y transportarla, con subsidios adicionales para la energía para bombeo con fines de riego); los organismos paraestatales operadores de agua potable en las zonas urbanas pagan derechos de \$0.29/m<sup>3</sup>, en tanto que los industriales pagan \$14.67/ m<sup>3</sup>, para la zona de disponibilidad 1 que corresponde al Valle de México.

Por otra parte, para el sector industrial resulta más barato pagar el derecho por la descarga que tratar las aguas. No se cobra a los agricultores ni a los municipios por las descargas de aguas residuales sin tratamiento, razón por la que actualmente sólo se trata 25 por ciento del agua residual descargada.

Bajo este panorama México enfrenta actualmente graves problemas de escasez, desperdicio y contaminación del agua, principalmente en las regiones donde se ha registrado un mayor crecimiento económico, donde los índices de disponibilidad actual son apenas de 1,835 metros cúbicos anuales por habitante.

La tendencia indica que en el futuro podrían presentarse peores situaciones de escasez y deterioro irreversible de la calidad del recurso, que frenarían el desarrollo del país y arriesgarían la supervivencia de parte de la población, de no tomarse medidas drásticas que modifiquen el concepto de recurso abundante y gratuito, por el de recurso escaso que exige un uso racional y muy eficiente, y que requiere de inversiones considerables para mantener su uso sustentable, para lo cual es indispensable que todos los usuarios paguen el costo social total del agua.

Se trata por tanto en el caso de México de una crisis de gestión, más que una escasez real de recursos, esencialmente causada por la utilización de políticas y métodos de administración inadecuados.

Sin embargo, el problema de insuficiencia del líquido es en la actualidad sumamente grave a nivel mundial; la escasez de agua amenaza realmente el bienestar de la humanidad en varias partes del mundo, especialmente en las zonas áridas del Oriente Medio, Norte de África y en los desiertos de Asia.

En los países pobres, especialmente entre la gente de menores ingresos, la escasez de agua de buena calidad en cantidades adecuadas ya es una carencia mortal. Produce enfermedades, bloquea el desarrollo, profundiza las desigualdades en las oportunidades de ingresos y socava la supervivencia de sociedades enteras. En todas partes, el ambiente natural se pone en peligro por esta escasez. El riesgo de conflictos se puede intensificar, sobre todo cuando la escasez de agua se presenta en los límites entre etnias o clases diferentes, en las fronteras internacionales o entre comunidades urbanas y rurales.

Asimismo, en diversas regiones de todo el mundo lo sustentable de los recursos hídricos se ve amenazada. Pueden citarse a modo de ejemplo, la salinización de los acuíferos, las reducciones a un mínimo en el caudal de numerosos ríos, o la contaminación difusa imputable a la agricultura y a las descargas sin tratamiento de las aguas residuales de ciudades e industrias.

En este contexto, el uso de instrumentos económicos (impuestos y derechos por uso) ha ido adquiriendo cada vez mayor importancia y se vió plenamente legitimado a nivel mundial en 1992 con las Declaraciones de Dubín y de Río de Janeiro sobre Agua, Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas; en donde se estableció, como uno de los cuatro principios fundamentales, que el agua es un recurso escaso que tiene un valor económico y social.

En México también empieza a reconocerse el papel que pueden desempeñar los instrumentos económicos en materia ambiental para eficientar los aprovechamientos del recurso. Desde 1992 se adoptó una nueva Ley de Aguas que establecía transferencias y concesiones en el mercado correspondiente. En principio la CNA ha aceptado el concepto de mercado de transferencias, aunque mantiene una fuerte autoridad sobre las transacciones intersectoriales, transferencias entre cuencas y cualquier modificación que pueda tener efectos ambientales adversos.

Asimismo recientemente la CNA ha alcanzado significativos logros en la descentralización de la administración, formando consejos de cuenca que tienden a ser totalmente autónomos en las decisiones de uso y aprovechamiento del agua y también en el manejo integral del recurso, relacionándolo integralmente con los bosques, suelos y la biodiversidad. Sin embargo poco se ha hecho en cuanto a estructurar nuevos sistemas tarifarios que reflejen el valor económico y social del agua.

El Banco Mundial advierte que la falta de reformas sectoriales puede acarrear a México un severo problema en materia de infraestructura que frene el desarrollo económico del país.



Si bien el tema más candente de los últimos meses ha sido la reforma fiscal y la del sector eléctrico y de Pemex, el organismo señala que existe otro gran pendiente, igual o más importante: el agua.

CNA prevé que en los próximos 20 años se requerirán en el país inversiones anuales por más de 35 mil millones de pesos para proyectos hídricos que revertan la tendencia de deterioro y cambien hacia un escenario sustentable, monto equivalente a más del doble de la inversión actual. Sin embargo es el presupuesto mínimo indispensable para iniciar la modernización de la infraestructura, revertir la sobreexplotación de los acuíferos y reducir las pérdidas al 37 % y 24 % para los usos de riego y urbano respectivamente.

Aún cuando los montos de inversión anual necesarios pudieran parecer fuera del alcance de las posibilidades económicas del país, la gravedad de la situación y la urgencia para revertir la tendencia de deterioro del recurso obligan a no posponer más la implementación de una política sustentable. Para lo cual, sólo mediante el pago del costo económico total por parte de los usuarios será posible.

Es claro que con la aplicación de la política hidráulica vigente no se podrá disponer de los recursos financieros suficientes necesarios para inversión en el sector y se seguirán presentando las pérdidas netas de beneficio social, ocasionando un alto desperdicio del recurso.

Además, por no haberse considerado los efectos de las externalidades en los diversos usos del agua, también se ha sufrido un grave deterioro de la calidad del recurso, teniéndose en algunos casos situaciones que pudieran llegar a ser irreversibles.

Tenemos que recordar que conforme la aplicación de la teoría económica, el máximo bienestar social sólo se alcanza cuando el valor del beneficio social es también igual al costo marginal económico, ya que sólo entonces se logra el equilibrio y se evitan las pérdidas sociales.

La metodología para la estimación del valor social y del costo marginal del agua, es relativamente sencilla de aplicar, como pudimos repasar en este trabajo. Sin embargo será necesario mejorar la información actualmente disponible, mediante estudios de demanda específicos por cuenca y de cuantificación del valor del recurso para los diversos usos locales.

Si bien la metodología para el cálculo de tarifas no será ningún obstáculo, habrá que tomar en cuenta que tendrán que formularse para cada cuenca y uso, reconociendo que México reúne condiciones naturales y socioeconómicas diversas que dificultan a los políticos y a los administradores del recurso compensar las disponibilidades y la demanda, así como establecer sistemas tarifarios eficientes.

Por un lado las condiciones regionales de desarrollo del país son muy diferentes, y por otro lado la disponibilidad del recurso varía desde la sobreabundancia en el sudeste húmedo y poco poblado, donde se requiere de infraestructura importante para protección contra inundaciones, hasta la mediana y gran escasez de agua en zonas semiáridas y áridas del populoso centro del país y del norte respectivamente.

Existen también imperfecciones tarifarias históricas que dificultarán las importantes modificaciones necesarias, como el caso que las tarifas actuales no incluyen los costos de las externalidades correspondientes, ni relacionan el costo por el servicio de suministro con los costos inherentes de recolección, desalojo y tratamiento de las aguas residuales, con el fin de retornar el recurso con la calidad original de antes de usarse.

La tarifa de agua es clave para que se pueda revertir la tendencia y lograr hacer sustentable el recurso. No obstante, debemos entender que no depende exclusivamente de la CNA, pues es competencia principalmente de los usuarios, del Congreso de la Unión y de los congresos locales, desde luego con las iniciativas presentadas por el Ejecutivo, a través de la CNA.

Lo más recomendable sería que se avanzara en la formación de los mercados de agua, donde se podrían establecer los derechos directamente, conforme a la oferta y demanda del recurso, desde luego bajo regulación pública y supervisión directa de los consejos de cuenca. Crear las condiciones económicas y jurídicas de un mercado hará que el sector logre eficiencia y sea tan rentable como el energético o de telecomunicaciones, pudiendo acceder entonces a diversas fuentes de financiamiento, incluyendo al mercado de valores.

Sin embargo, estamos concientes que sería difícil en el corto plazo lograr la evolución necesaria para desarrollar instituciones y crear un sistema de regulación que genere los incentivos de un mercado de transferencias de agua.

Mientras tanto se debe trabajar de inmediato en la difusión intensiva de una cultura del cuidado y buen uso del agua y en la evolución progresiva de las tarifas para que a mediano plazo se incorporen todos los costos y externalidades del recurso.

## **Glosario de Términos:**

**Acuífero.-** Formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definan convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

**Aguas Claras o Aguas de Primer Uso.-** Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales que no han sido objeto de uso previo.

**Aguas Contaminadas.-** La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable que reduce los usos potenciales del recurso y puede causar un daño en su calidad.

**Aguas Grises.-** Agua de descargas domésticas producto de limpieza o lavado que no se ha mezclado con aguas negras.

**Aguas Nacionales.-** Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

**Aguas Negras.-** Aguas que contienen residuos de seres humanos, de animales o de alimentos.

**Agua Potable.-** Agua adecuada para el consumo de la población que no provoca efectos nocivos en la salud. Debe cumplir con requisitos, especificaciones o normas, físicas, químicas y bacteriológicas, que aseguren su inocuidad y aptitud, generalmente locales e internacionales.

**Aguas Residuales.-** Las aguas de composición variada proveniente de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

**Análisis Costos-Beneficios.-** Se refiere al procedimiento para evaluar las ventajas o conveniencias de un proyecto, poniendo en una base comparativa, o en la balanza los beneficios contra los costos. Los resultados se pueden expresar de diversas maneras y utilizando diferentes indicadores, tales como Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actualizado Neto (VAN) y Relación beneficio-coste.

**Aprovechamiento.-** Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma.

**Asignación.-** Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de la CNA o del Organismo de cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los Estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico.

**Bienestar Social.-** Se refiere al beneficio colectivo de la sociedad, que alcanza el máximo valor cuando el costo marginal económico es igual al beneficio marginal social, o sea cuando el sacrificio de recursos que los consumidores están dispuestos a hacer es exactamente igual al sacrificio de recursos que la sociedad debe hacer para obtener una unidad adicional de producción. En la competencia perfecta el precio es igual al costo económico marginal.

**Ciclo Hidrológico.-** Ciclo natural del agua que ocurre en el ambiente incluyendo la evaporación, condensación, retención, precipitación y escorrentía.

**Cánones.-** Del latín cánon que significa regla. En este caso se refiere a la prestación pecuniaria periódica que grava la concesión del recurso agua.

**Cauce de una Corriente.-** El canal natural o artificial por donde escurre la corriente de agua, que tiene la capacidad necesaria para que las aguas puedan escurrir sin derramarse.

**Concesión.-** Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de la CNA o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación.

**Condiciones Particulares de Descarga.-** El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la CNA o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico, con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y los reglamentos derivados de ella.

**Consejo de Cuenca.-** Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, ente la CNA, incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica.

**Costo de Oportunidad.-** Se refiere al valor de la mejor alternativa desplazada al utilizar el recurso en un uso o proyecto determinado.

**Costo Marginal.-** El costo de una unidad más (o una menos). El costo marginal de producción puede ser más elevado que el costo medio. Esa situación es probable que ocurra si ya funciona a plena capacidad y es necesario construir capacidad adicional. Por otra parte, el costo marginal puede ser más bajo que el costo medio, si hay un exceso de capacidad que puede utilizarse, reduciéndose así el costo fijo medio por unidad de producto.

**Costo Medio.-** El costo total de la producción dividido por el volumen total del producto.

**Costo de Operación y Mantenimiento.-** Los costos reiterados que ocasiona la operación de la infraestructura o de los activos físicos y el mantenimiento de su valor. A veces es difícil decir si los costos de mantenimiento son gastos corrientes o gastos de capital, pero con la corriente de liquidez actualizada, la distinción es innecesaria.

**Costos Fijos.-** Costos que deben sufragarse, a lo menos a corto plazo, sin tener en cuenta el volumen de producción. Costos relativos a un factor cuyo monto no puede alterarse en un determinado tiempo.

**Costos Variables.-** Los costos que en el corto plazo pueden variar con el volumen de producción: por ejemplo, las materias primas y el personal. En el largo plazo hasta los costos fijos, tales como instalaciones o el equipo de capital, se hacen variables.

**Cuenca Hidrológica.-** Es la unidad del territorio, delimitada por una línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se capta y almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con estos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos, está a su vez integrada por subcuencas y ésta últimas están integradas por microcuencas.

**Cultura del Agua.-** Conjunto de costumbres, valores, actitudes y hábitos que un individuo o una sociedad tienen, respecto de la importancia del agua. Lleva consigo el compromiso implícito de valorar y preservar el recurso, utilizándolo con responsabilidad bajo un esquema de desarrollo sustentable.

**Demanda.-** Necesidad o deseo de un bien o servicio. Puesto que la necesidad varía de acuerdo con la persona, el precio y las circunstancias, la demanda se expresa generalmente en términos de las cantidades que se demandarían a diversos precios. La "curva de demanda de mercado" resultante de la suma de las demandas individuales de la sociedad, muestra por lo general una dirección descendente, lo cual indica que la gente demandará más a precios más bajos.

**Derechos.-** Contribución o impuesto por el uso o consumo, para el caso de aguas nacionales, se aplica anualmente a los beneficiados con asignaciones o concesiones del recurso.

**Desalinización.-** La eliminación de la sal del agua de mar o de aguas salobres para transformarla en agua potable usando diversas técnicas.

**Desarrollo Sustentable.-** En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

**Descarga.-** La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

**Disponibilidad Media Anual de Aguas Superficiales.-** En una cuenca hidrológica, es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen medio anual actual comprometido aguas abajo.

**Disponibilidad Media Anual de Aguas del Subsuelo.-** En una unidad hidrogeológica es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

**Distrito de Riego.-** Es el establecido mediante Decreto Presidencial, el cual está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego.

**Divisas.-** En sentido estricto, cualquier moneda de otro país. En términos más generales, cualquier recurso monetario negociable, sea en forma de dinero extranjero efectivo, sea en forma de oro, créditos en bancos extranjeros, etc. Normalmente quiere decir divisas libremente convertibles.

**Económico.-** Lo que tiene que ver con la economía nacional, especialmente cuando se habla de "valor económico". El valor de un bien o servicio para el país en su conjunto (sin tener en cuenta los aspectos de distribución del ingreso), en contraposición a su valor privado o comercial.

**Elasticidad.-** Medida del grado en que un factor reacciona a las variaciones de otro; relación del porcentaje en que un factor varía frente a una variación del otro. La Elasticidad de la demanda al precio: mide el grado de respuesta de la cantidad demandada de un bien o servicio, como consecuencia de variaciones en su precio. Por ejemplo, si la demanda desciende en 2% cuando los precios aumentan en 1%, se dice que la elasticidad de la demanda en función del precio es de 2%:1%, o sea 2.0.

**Equidad.-** La justicia social, en contraposición a la eficiencia económica.

**Evaluación.-** Referido a proyectos, es el análisis y cuantificación de un proyecto propuesto con objeto de medir su aceptabilidad; se trata de un concepto ex ante.

**Excedente del Consumidor /Productor.-** La diferencia entre lo que estamos dispuestos a pagar y lo que efectivamente pagamos se denomina excedente del consumidor. Excedente del Productor es el valor que un productor recibe por sobre su costo efectivo de producción.

**Externalidades.-** La repercusión de un proyecto, buena o mala, que no se refleje en sus cuentas financieras. Una de las circunstancias en las que los beneficios sociales difieren de los privados es cuando se presentan externalidades en el consumo, mismas que surgen cuando la actividad de una persona repercute sobre el bienestar de otra sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido. Existen externalidades negativas (deseconomías) y positivas (economías externas): como ejemplo el de un jardín cuidado, ya que si un vecino así lo mantiene, genera una externalidad positiva, y hace agradable el entorno.

**Gestión del Agua.-** Proceso sustentado en el conjunto de principios, normas, políticas, responsabilidades, recursos, instrumentos, derechos y atribuciones, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental.

El control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración; la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente.

**Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).**- Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos (bosque y biodiversidad) y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable.

**Humedales.**- Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

**Inflación.**- Aumento general de los niveles de precios de mercado (suben los precios unitarios corrientes)

**Ingreso Marginal.**- El ingreso generado por el último artículo que se vende. Indica el valor económico marginal del producto en condiciones óptimas.

**Insumos.**- Se refiere generalmente a los insumos físicos utilizados para la producción, tales como materias primas, capital, mano de obra y servicios públicos. Aquello que es consumido por el proyecto, en contraposición al producto del proyecto. Otros "insumos", tales como la calidad del ambiente, las divisas y la salud de los trabajadores se consideran como externalidades.

**Normas Oficiales Mexicanas.**- Aquellas expedidas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

**Oferta.**- La disposición a proveer productos o servicios. Ya que esta disposición varía según sea el proveedor, el precio y las circunstancias, la oferta se suele expresar en términos de las cantidades que se proporcionarían a los diferentes precios. El productor en competencia perfecta decidirá que cantidad producir cuando iguale el precio al costo marginal. Para obtener la curva de oferta total, es decir la oferta de un bien en el mercado, se tiene que hacer la suma horizontal de las ofertas individuales. La curva de oferta resultante tiene por lo general dirección ascendente, lo que indica que los proveedores proporcionarán más a precios más altos. Sin embargo, donde existen economías de escala, el precio de oferta puede bajar a medida que la escala aumenta.

**Precios distorsionados.**- Diferencia entre el precio de mercado y el precio económico, que se presentan por imperfecciones del mercado, entre otras cuando existen externalidades. En las situaciones anteriores ocurre que en realidad existe una diferencia entre las curvas de costo marginal privado y costo marginal social, así como entre las de beneficio marginal privado y beneficio social marginal.



**Precio de Cuenta.-** La expresión “de cuenta” indica que no se trata de un precio de mercado. Los precios de cuenta reflejan el valor económico de los insumos y productos, en contraposición a su valor financiero o de mercado. El precio de cuenta dependerá mucho de la unidad de cuenta (numerario o base contable).

**Precio de Mercado.-** a) El precio de un bien en el mercado interno; b) el costo de un bien incluidos los impuestos indirectos y subvenciones.

**Productividad Marginal.-** La productividad de la última unidad de inversión, que se efectuaría si todas las diversas posibilidades de inversión se jerarquizaran en orden descendente de acuerdo con su rentabilidad económica, y los fondos disponibles se distribuyeran hasta quedar agotados. En forma más general, la rentabilidad del proyecto marginal, es decir del proyecto que recibiría el último peso de inversión

**Producto.-** Lo que se produce. Lo contrario de insumo. Se refiere generalmente al producto físico del proyecto por el cual éste puede recibir un pago. Otros productos indirectos del proyecto, tales como vivienda para los trabajadores, empleo indirecto generado, capacitación de mano de obra, ahorros de divisas, etc., se consideran generalmente como externalidades.

**Producto Interno Bruto.-** El producto total o valor agregado dentro de las fronteras físicas del país. Incluye la producción basada en recursos de propiedad extranjera, aún cuando parte del ingreso obtenido por estos factores de producción se transfieran al extranjero como pagos por servicios de factores.

**Reúso.-** La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.

**Sistema de Abastecimiento de Agua.-** La captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, regularización y distribución de agua, desde su fuente hasta los consumidores.

**Unidad de riego.-** Área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalajo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola.

**Uso.-** Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de este recurso.

**Utilidad.-** El exceso de los ingresos sobre los costos y gastos. En análisis financiero, todos los rendimientos netos del capital social propio se consideran utilidades. En análisis económico, el costo de oportunidad del capital se considera un costo de producción, por lo cual no se incluye en las utilidades, que constan únicamente de las utilidades por sobre el costo de oportunidad del capital.

## **Bibliografía**

Análisis de Costos Marginales y Diseño de Tarifas de Electricidad y Agua

*Yves Albouy*

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión

Raúl Coss Bu

Editorial: Limusa Noriega Editores

Apuntes de Economía Gerencial

Curso Propedéutico de Economía

Posgrado de la Facultad de Ingeniería

U. N. A. M. 2004

Apuntes de Evaluación Social de Proyectos

Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP),

BANOBRAS

*Economic Analysis of Agricultural Project*

*J. Price Gittinger*

Editorial: *World Bank, Johns Hopkins*

*University Press*

*Economic Analysis of Projects*

*Lyn Squire and Herman G. Van der Tak*

*World Bank*

*Economics of Water Resources Planning*

*Douglas James and Robert R. Lee*

Editorial: *Mc Graw Hill*

*Economic Project Evaluation, Part 1: Some lessons for the 90's*

*Arnold Harberger,*

*University of California, Los Angeles. 1997*

Elementos para la Evaluación de Proyectos de Inversión

Héctor Bolívar Villagómez

Facultad de Ingeniería. UNAM

El Cálculo de los Precios de Cuenta en la Evaluación de Proyectos  
*Terry A. Powers*  
Banco Interamericano de Desarrollo

El Desagüe del Valle de México durante la Época Independiente  
Ernesto Lemoine Villicaña  
Universidad Nacional Autónoma de México

El Problema Económico del Agua en México  
Leopoldo Solís M *et al*  
Instituto de Investigación Económica y Social Lucas Alamán, A. C.

El Sistema Hidráulico del Distrito Federal  
D. D. F. Dirección General de Construcción y  
Operación Hidráulica, 1982

Evaluación Social de Proyectos  
Ernesto Fontaine  
Editorial: Alfaomega

Guía para la Evaluación Práctica de Proyectos.  
El Análisis de Costos-Beneficios Sociales en los Países en Desarrollo  
Naciones Unidas ONU

La Navegación en la Ciudad de México  
Lic. Carlos J. Sierra

La Sobreexplotación de Mantos Acuíferos en México:  
Efectos Económicos y a la Salud  
Alejandro Angeles Sevilla  
Instituto de Investigación Económica y Social Lucas Alamán, A. C.

Manual Técnico del Agua, Degremont. 1979

Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo  
del Distrito Federal  
Departamento del Distrito Federal 1975

México 2030. Nuevo Siglo, Nuevo País  
Julio A. Millán B., Antonio Alonso Concheiro  
Fondo de Cultura Económica, 1ª. Edición, 2000

Nuevas Noticias sobre Obras Hidráulicas Prehispánicas y Coloniales del Valle México  
Teresa Rojas R., Rafael A. Strauss K., José Lameiras  
SEP – INAH

Obras Hidráulicas Prehispánicas en el Sistema Lacustre del Valle de México  
Ángel Palerm  
SEP – INAH

Pautas para la Elaboración de Proyectos  
Organización de las Naciones Unidas para el  
Desarrollo Industrial Viena

Preparación y Evaluación de Proyectos  
Nassir Sapag Chaín *et al*  
Editorial: Mc Graw Hill

Teoría Microeconómica  
C. E. Ferguson  
Editorial: Fondo de Cultura Económica

*The Economic Choice Between Hydroelectric and Thermal Power Developments*  
Herman G. Van der Tak.  
International Bank for Reconstruction and Development

### **Leyes y Reglamentos:**

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos  
Complejo Editorial Mexicano, 1971

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento  
CNA - Comisión Nacional del Agua, 2004

Ley Federal de Derechos 2005  
CNA.- Comisión Nacional del Agua

### **Estudios y Artículos:**

Agua para Todos, Agua para la Vida  
Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo

Agua.- Manejo a Nivel Local  
David B. Brooks  
Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y Editorial Alfaomega  
IDRC. Canadá, 2004

*Alternative concepts of Marginal Cost for Public Utility Pricing,  
Problems and Applications in the Water Supply Sector*  
R. J. Saunders et al  
World Bank Staff Working Paper No 259

Aspectos relevantes de la Política del agua en México, en el marco de desarrollo Sustentable  
Gustavo Ortiz Rendón, con la colaboración de Flor Cruz y Juan Carlos Valencia (ponencia)

*Calculating Marginal Cost for Water Rates*  
Darwin C. Hall  
Advances in the Economics of Environmental Resources, 1996. JAI Press Inc.

Conclusiones del Seminario Subregional de  
Interacción Regional e Integración Física en la Comunidad Andina y Sudamérica  
Lima 29 y 30 de septiembre 2003  
Discurso del Banco Europeo de Inversiones

El costo de oportunidad social de los fondos públicos y la tasa social de  
descuento en México 1970-2001, CEPEP, BANOBRAS

El Valor de la Productividad Marginal del Agua en la Industria Manufacturera Colombiana  
Martha Patricia Cruz, Eduardo Uribe y Harold Coronado. Dic. 2003

El Valor Económico del Agua  
Pedro Arroja Agudo  
Universidad de Zaragoza  
Revista Cidob d'afers Internacionals, Nos. 45 y 46, 1999

Enseñanzas y Perspectivas de la Inversión en Infraestructura en América Latina y El Caribe  
Enrique V. Iglesias  
Presidente del Banco Interamericano de Desarrollo  
27 de marzo de 2004 (ponencia)

Fijar Precios: La mas Peligrosa e Importante Decisión  
*Sanford V. Berg and Lynne Holt*  
Diciembre 17, 2001

Financiamiento de Infraestructura-Alternativas  
Nuevas Herramientas de Ingeniería Financiera  
Semana de la Ingeniería – BA – 10 de junio 2003  
Centro Argentino de Ingenieros.

Foro Latinoamericano y del Caribe sobre Agua y Asentamientos Humanos  
IV Foro Mundial del Agua México 2006  
8, 9 y 10 de noviembre 2005

*Institucional Frameworks in Successful Water Markets*  
*Manuel Mariño y Karin E. Kemper*  
*World Bank Technical Paper No 427, 1999*

La Disputa por el Agua  
Dolia Estévez  
Poder y Negocios

La Experiencia de los Bancos de Agua en las Américas.  
Carl J. Bauer  
Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, España

Literatura en Mercados del Agua  
Extractos de trabajos de diversos autores,  
Departamento de Economía, Universidad de California, Los Angeles, 1997

La Regulación de los Mercados del Agua  
Axel Dourojeanni y Andrei Jouravlev  
VI Jornadas del CONAPHI-CHILE  
División de Recursos Naturales e Infraestructura  
Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile

Los subsidios cruzados en América Latina  
Guillermo Yepes  
Conferencia Internacional sobre Financiación de los servicios de agua y saneamiento: opciones y condicionantes.- 10 y 11 de noviembre de 2003  
Banco Interamericano de Desarrollo

*Making Water a Part of Economic Development*  
*The Economic Benefits of Improved Water Management and Services*  
*SIWI.- Estocolmo, Suecia*

*Marginal Cost*  
*R. Turvey, Economic Journal, Vol. 79, 1969*

Mercados (de Derechos) de Agua: Experiencias y Propuestas en América del Sur  
Guillermo Donoso, Andrei Jouravlev, Humberto Peña y Eduardo Zegarra  
Naciones Unidas, CEPAL  
Santiago de Chile, noviembre 2004

Metodología de Preparación y Evaluación Social de Proyectos de Agua Potable. Perú

Metodología de Preparación y Evaluación Social de Proyectos de Agua Potable  
Ministerio de Obras Públicas, Departamento de Programas Sanitarios (MOP), Chile, 1997

Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México  
Luis A. Jaramillo-Mosqueira  
Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental  
Instituto Nacional de Ecología, Marzo 2003

Prevención y Control de la Contaminación  
Informe de la Comisión del Medio Ambiente, Salud Pública y Política del Consumidor,  
Parlamento Europeo, 28 enero 2004

*Pricing Irrigation Water*  
*Robert Johansson*  
*World Bank Policy Research Working Paper No 2449*

Procesos de Urbanización y su Impacto Ambiental  
Sedesol, 2004

*Project Appraisal Document on a Proposed Loan in the Amount of US\$25 Million to The United Mexican States for The Modernization of The Water And Sanitation Sector- Technical Assistance Project*  
*The World Bank July 7, 2005*

Regulación de Monopolios Naturales  
Carlos Pombo  
Serie Documentos. Investigaciones Económicas  
Universidad del Rosario, Argentina 2002

*Report of the World Panel on Financing Water Infrastructure*  
*Michel Camdessus*  
*3 rd. World Water Forum*

Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones  
Reporte final de la Comisión Mundial de Represas

Resultados de la 3ª. Reunión del Comité de Dirección Ejecutiva de la  
Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana  
Dr. Ignacio Aragone Rivoir,  
Prinewaterhouse Coopers, mayo 2002

Tarifación y Uso Sostenible de los Recursos Hídricos  
Informe de la Comisión del Medio Ambiente, Salud Pública y Política del Consumidor,  
Parlamento Europeo, 16 octubre 2001.  
Tendencias Actuales de la Gestión del Agua en América Latina y el Caribe  
CEPAL, LC/L. 1180 Agosto de 1999

*The Political Economy of Water Pricing Reforms*  
Ariel Dinar,  
World Bank, Oxford University Press Inc. 2000

*The Theory of Public Utility Pricing and its Application*  
R. H. Coase  
*The Bell Journal of Economics and Management Science*, 1970

*Value, Counting Ecosystems as Water Infrastructure*  
Lucy Emerton and Elroy Bas  
*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)*, 2004

*Water as a Social and Economic Good: How to put the Principle into Practice*  
Peter Rogers, Ramesh Bhatia and Annette Huber  
*Global Water Partnership Technical Advisory Committee (TAC)*  
*Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden. 1998*

*Water as an Economic Good and Demand Management Paradigms with Pitfalls*  
Hubert Savenije and Pieter van der Zaag  
*IHE Delft, The Netherlands. March 2002*

*Water Pricing Experiences an International Perspective*  
Ariel Dinar and Ashok Subramanian  
*World Bank Technical Papers No 386, October 1997*

*Water Tariff Design in Developing Countries: Disadvantages of Increasing Block Tariffs (Ibts) and Advantages of Uniform Price with Rebate (Upr) Designs*  
John J. Boland and Dale Whittington

*Water Subsidies and the Environment*  
OECD. Paris, 1999.

#### **Estudios, Estadísticas y Manuales de la CNA:**

CNA.- Estudio del Costo, Valor y Precios del Agua en México

CNA.- Escenarios Futuros.- Estadísticas del Agua en México, 2004

CNA.- Estadísticas del Agua en México.- Usos del Agua e Infraestructura, Edición 2005

CNA.- Modalidades para Motivar la Participación Privada en Infraestructura Hidráulica  
Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción 11 de noviembre 2004

CNA.- Planeación de Acciones de Incremento y Control de la Eficiencia en Sistemas de Agua Potable  
M. en I. Leonel H. Ochoa Alejo, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

CNA.- Programa Nacional Hidráulico 2001-2006

CNA.- Programa Hidráulico 2002-2006 Región XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala

CNA – Reúso del Agua en la Cuenca del Valle de México  
Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1980

CNA.- Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a Diciembre 2004.-  
Subdirección General de Infraestructura Urbana

CNA - Sistema Cutzamala, Agua para Millones de Mexicanos, 1994